

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра екології та технології рослинних полімерів**

«На правах рукопису»

УДК 676.011

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ М. Д. Гомеля

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія**

**на тему: «Реконструкція технологічного потоку Публічного акціонерного товариства "Рубіжанський картонно-тарний комбінат" з виробництва флютінгу»**

Виконав:

студент II курсу, групи ЛЦз-81мп

Саєнко Роман Васильович

\_\_\_\_\_

Керівник:

Доц., к. т. н., с.н.с.

Плосконос В. Г.

\_\_\_\_\_

Рецензент:

\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра екології та технології рослинних полімерів**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою  
Спеціальність (спеціалізація) – 161 Хімічні технології та інженерія (Хімічні технології переробки деревини та рослинної сировини)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ М. Д. Гомеля  
(підпис) (ініціали, прізвище)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

Саєнку Роману Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації "Реконструкція технологічного потоку Публічного акціонерного товариства "Рубіжанський картонно-тарний комбінат" з виробництва флютіну"

науковий керівник дисертації Плосконос Віктор Григорович, к.т.н.,  
с.н.с.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «11» листопада 2019 р. № 3875–с

2. Термін подання студентом дисертації «10» грудня 2019 р.

3. Об'єкт дослідження Технологічний потік з виготовлення паперу для гофрування.

4. Предмет дослідження технологічний процес виробництва паперу для гофрування.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: обґрунтувати інноваційні зміни в технологічному потоці; навести вимоги до сировини, допоміжних хімічних речовин та готової продукції; навести технологічну схему виробництва паперу для гофрування; виконати розрахунок матеріального балансу води та волокна, а також теплового балансу; обрати основне технологічне обладнання; навести об'ємно-планувальне та конструктивне рішення будівлі; навести заходи з охорони праці на виробництві; розробити стартап-проект

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: інновації в технології виробництва паперу для гофрування; технологічна схема; план цеху; поздовжній розріз; поперечний розріз; результати зведеного матеріального балансу.

7. Орієнтовний перелік публікацій: 1. Пазерська В.Ю., Селіванова С.О., Саєнко Р.В., Плосконос В.Г. "Використання тряски сіткового столу ПРМ з метою підвищення якості паперового полотна" // Збірник тез доповідей XVI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (25-26 листопада 2019 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – С. 167 – 168.

2. Саєнко Р.В., Рудзей Ф.П., Пазерська В.Ю., Селіванова С.О., Плосконос В.Г. "Високочастотна тряска збереже ресурси"//Збірник тез доповідей XVI міжнародної науково практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (25-26 листопада 2019 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – С. 169 – 170.

8. Дата видачі завдання «28» жовтня 2019 р.

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Обґрунтування інноваційних змін, затвердження технологічної схеми	29.10 – 02.11	
2	Оформлення вимог до сировини, хімікатів та готової продукції; представлення вихідних даних та блок-схеми для розрахунку матеріального балансу води та волокна	03.11 – 10.11	
3	Розрахунок та оформлення матеріального балансу; розрахунок основного технологічного обладнання	11.11 – 18.11	
4	Опис будівельної частини. Розробка заходів з охорони довкілля	19.11 – 23.11	
5	Розробка стартап-проекту. Загальне оформлення магістерської дисертації	24.11 – 08.12	

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Р.В. Саєнко

\_\_\_\_\_

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_

(підпис)

В. Г. Плосконос

\_\_\_\_\_

(ініціали, прізвище)

## РЕФЕРАТ

**Магістерська дисертація:** 85 с., 8 рис., 25 табл., 19 першоджерел, 1 додаток.

**Актуальність теми:** підвищення рівня і стабільності якості паперу для гофрування шляхом впровадження новітніх досягнень в цій галузі, а також, як результат, зниження собівартості продукту.

**Мета і задачі дослідження:** Мета роботи — розробка проєкту реконструкції технологічного потоку ПрАТ «Рубіжанський картонно–тарний комбінат» з виробництва флютіну".

Для досягнення мети було поставлено наступні задачі:

- 1) вивчити сучасні технологічні рішення для покращення якості паперу для гофрування та техніко-економічних показників виробництва;
- 2) виконати реконструкцію технологічного потоку з виробництва паперу для гофрування;
- 3) розрахувати матеріальний та тепловий баланси виробництва паперу;
- 4) виконати розрахунок та вибір основного технологічного обладнання у відповідності з заданою продуктивністю технологічного потоку;
- 5) розробити заходи з охорони праці щодо шкідливих та небезпечних факторів на виробництві туалетного паперу;
- 6) розробити стартап–проєкт виробництва паперу для гофрування;

**Об’єкт дослідження:** процес виготовлення паперу для гофрування;

**Предмет дослідження:** показники якості, сировина, обладнання та технологічні режими виготовлення паперу для гофрування.

**Методи дослідження:** теоретичне вивчення, шляхом опрацювання доступних літературних джерел, властивостей, обладнання та технології виробництва паперу для гофрування.

**Практичне значення одержаних результатів.** Набуто знання щодо властивостей, обладнання та технології виготовлення паперу для гофрування.

Наведено показники якості до сировини, хімікатів та готової продукції, що нормуються відповідно до стандартів та технічних умов [7,8]. Запропоновано зміни в технологічній схемі виробництва паперу для гофрування, наведено та описано удосконалення потоку і схеми виробництва паперу для гофрування.

Розраховано матеріальний баланс води та волокна, а також тепловий баланс контактного методу сушіння для виробництва 1 т продукції.

У відповідності до річної продуктивності технологічної лінії проведено розрахунок та вибір основного обладнання.

Наведено об'ємно-планувальне і конструктивне вирішення будівлі цеху.

Розглянуто головні шкідливі фактори, які впливають на безпеку працівників цеху. Наведено основні заходи безпеки у картонноробному цеху.

**Апробація результатів дисертації:** положення дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на XVI міжнародній науково-практичній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (25-26 листопада 2019 р. м. Київ).

**Публікації:** за результатами дисертаційної роботи опубліковано 2 тези доповідей на міжнародній конференції.

**Ключові слова:** , МАКУЛАТУРА, ТЕХНІЧНІ УМОВИ, ПАПЕРОРОБНА МАШИНА, ФЛЮТІНГ, ПРЕС, КАРТОН ДЛЯ СПОЖИВЧОЇ ТАРИ, ПОВЗДОВЖНЬО-РІЗАЛЬНИЙ ВЕРСТАТ.

## **ABSTRACT**

**MASTER'S THESIS:** 85 pp., 8 figs., 25 tables. 19 primary sources, 1 appendix.

**THE RELEVANCE OF THE TOPIC:** improving the level and stability of the quality of corrugated paper by introducing the latest developments in the field, as well as, as a result, reducing the cost of the product.

**PURPOSE AND TASKS OF THE RESEARCH:** The purpose of the work is the development of the project of reconstruction of the technological flow of PJSC "Rubbishing Cardboard and Packing Plant" for the production of fluting ".

To achieve this goal, the following tasks were set:

- 1) To study modern technological solutions for improving the quality of corrugated paper and technical and economic indicators of production;
- 2) To reconstruct the technological flow for the production of corrugated paper;
- 3) calculate material and thermal balances of paper production;
- 4) perform the calculation and selection of the main process equipment in accordance with the specified productivity of the process flow;
- 5) To develop measures for labor protection on the harmful and dangerous factors in the production of toilet paper;
- 6) To develop a start-up project for the production of corrugated paper;

Object of study: the process of making a caper for corrugation;

**SUBJECT OF RESEARCH:** quality indicators, raw materials, equipment and technological modes of production of corrugated paper.

**RESEARCH METHODS:** Theoretical study, by processing available literature sources, properties, equipment and technology of corrugated paper production.

**THE PRACTICAL SIGNIFICANCE OF THE RESULTS OBTAINED.** Acquired knowledge on the properties, equipment and technology of corrugated paper production.

Quality indicators for raw materials, chemicals and finished products, which are normalized in accordance with standards and specifications, are given [7, 8]. Changes in the technological scheme of corrugated paper production are proposed, and the flow improvement and corrugation paper production schemes are described and described.

The material balance of water and fiber was calculated, as well as the thermal balance of the contact drying method for the production of 1 ton of production.

In accordance with the annual productivity of the technological line, the

calculation and selection of the basic equipment was carried out.

The three-dimensional planning and design solution of the shop building is given.

The main harmful factors that affect the safety of shop workers are considered. The basic safety measures in the cardboard shop are given.

**TESTING THE RESULTS OF THE DISSERTATION:** the provisions of the dissertation were reported and discussed at the XVI International Scientific and Practical Conference of Students, Graduate Students and Young Scientists of “Resource Energy Saving Technologies and Equipment” (November 25-26, 2019, Kyiv).

**PUBLICATIONS:** Based on the results of the dissertation, 2 abstracts were published at an international conference.

**KEYWORDS:** Waste paper, TECHNICAL CONDITIONS, PAPER MACHINE, FLUTING, PRESS, CARTON FOR CONSUMER PACKAGING, LONG-CUTTING MACHINE.

## ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 ІННОВАЦІЇ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА КАРТОННО-ПАПЕРОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	12
1.1 Реконструкція вузла розпуску та попереднього очищення	12
1.3 Реконструкція пресової частини ПРМ	17
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	19
2.2 Технологічна схема виробництва паперу для гофрування	26
2.3 Розрахунок матеріального балансу	32
2.4 Вибір і розрахунок основного технологічного обладнання	48
2.4.1 Папероробна машина	48
2.4.2 Потік підготовки маси	52
2.5 Розрахунок теплового балансу	55
3 ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНЕ ТА КОНСТРУКТИВНЕ РІШЕННЯ БУДІВЛІ	57
3.1 Об'ємно – планувальне вирішення будівлі цеху	57
3.2 Конструктивне рішення будівлі цеху	59
4 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ НА ВИРОБНИЦТВІ	60
4.1 Фізико-хімічні і санітарно-гігієнічні характеристики шкідливих, вибухо-, пожежонебезпечних речовин	60
4.2 Виробниче освітлення	61
4.3 Пожежна безпека	61
4.4 Шум і вібрація	62
4.5 Електробезпека	63
5 СТАРТАП ПРОЕКТ	65
5.1 Опис ідеї стартап-проекту	65
5.2 Аудит динаміки і основних тенденцій внутрішнього ринку	66
5.3 Аналіз зовнішнього маркетингового середовища	67
5.4 Аналіз факторів мікрмаркетингового середовища	69
5.5 Аналіз конкуренції на ринку	71
5.6 Вибір цільових груп потенційних споживачів	73
5.7 Висновки до 5 розділу	74
ВИСНОВКИ	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	76
ДОДАТОК	78



## ВСТУП

На сьогодні переважна кількість підприємств целюлозно-паперової галузі України в якості сировини використовують макулатуру [1]. З кожним роком розширюється асортимент використання продукції целюлозно-паперової галузі України, особливо виробів з картону та паперу [1]. Разом з тим, ринок потребує все нових видів продукції. Це нові види тари, картон-основа для гіпсокартону, палітурного картону та інших видів картонно-паперової продукції [1].

Враховуючи процеси, що відбуваються під час повторного перероблення макулатури, яка використовується в процесі виготовлення різноманітних видів продукції [5], то це екологічний спосіб використання вторинної сировини, що безумовно впливає на собівартість готової продукції. Все це дуже вигідно виділяє процеси виготовлення картону та паперу з точки зору впливу на стан навколишнього середовища [3]. Але слід зазначити, що з плином часу постійно погіршується якість макулатури, що поступає на виробництво. Це зумовлює зростання вимог до процесів підготовки макулатурної маси та очисного обладнання [3].

Також слід зазначити, що в наш час, коли постійно підвищуються ціни на сировину, енергоносії та інші складові, керівництво підприємств змушені все частіше замислюватись над тим, як знизити собівартість продукції. Разом з тим, конкуренція в галузі зумовлює підприємства враховувати зростаючі вимоги замовників до якості, щоб вдовольнити попит та розширити ринок збуту своєї продукції [1].

На сьогодні якість продукції та стабільність показників в процесі виготовлення і собівартість є найголовнішими проблемами під час виготовлення продукції з макулатури [13].

Щоб залишатися конкурентоспроможним на ринку, кожне підприємство повинно мати власну стратегію розвитку, яка містить декілька кроків. Одним з таких кроків є проведення модернізацій або реконструкцій технологічних потоків з виробництва паперу та картону [4].

Значна частина продукції целюлозно-паперової галузі в країні виробляється для використання у пакувальних цілях [1]. Найбільш поширеним видом тари є

гофротара. Вироби з гофрокартону використовуються майже в усіх галузях промисловості і в повсякденному житті кожної людини. В якості сировини для гофрокартону використовують картон для плоских шарів масою 90-400 г/м<sup>2</sup> та папір для гофрування масою 60-250 г/м<sup>2</sup>.

Найбільшими виробниками тест лайнеру та флютінгу в Україні є ПрАТ «Рубіжанський КТК» та ПрАТ «Київський КПК» [1].

Приватне акціонерне товариство (ПрАТ) «Рубіжанський КТК» - це підприємство, що вийшло та успішно працює, виготовляючи продукцію для ринку пакування, починаючи з 1991 року. І стало за цей час лідером у виробництві тари з гофрованого картону в Україні. Основне виробництво комбінату знаходиться в м.Рубіжне - Луганська обл. Картонно-паперове виробництво на комбінаті складається з двох картоноробних та однієї папероробної машини, на яких виробляється широкий асортимент продукції [2].

Виробництво флютінгу відбувається на папероробній машині, Воно здійснюється одним технологічним потоком, а саме:

- розмелювально-підготовчий відділ;
- папероробна машина;
- повздовжньо-різальний верстат;
- система транспортування рулонів [2].

Даний дипломний проект розроблений з урахуванням сьогоденішніх тенденцій у галузі, які спрямовані на зменшення собівартості та підвищення якості вироблюваної продукції. Ці заходи будуть здатні підвищити конкурентоздатність вироблюваної продукції.

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

НД – нормативна документація

НТД – нормативно-технічна документація

ПРМ – папероробна машина

КРЦ – картонноробний цех

ТУ – технічні умови

ЦПП – целюлозно-паперова промисловість

РПВ – розмельно-підготовчий відділ

ПРВ – повздовжньо-різальний верстат

КПЗ – картонно-паперовий завод

ГРВ – гідророзбивач вертикальний

# 1 ІННОВАЦІЇ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА КАРТОННО-ПАПЕРОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

З метою підвищення продуктивності та якості у процесах виробництва паперу для гофрування можуть бути запропоновані рішення, впровадження яких можливі в процесі реконструкції.

Розглянемо інновації в технології виробництва паперу для гофрування [18].

## 1.1 Реконструкція вузла розпуску та попереднього очищення

В наш час кожне підприємство повинно водночас вирішувати широке коло питань, які виникають, враховуючи ситуацію на ринку паперової індустрії. Постійно зростаюча ціна на енергоносії та матеріали, погіршення якості макулатурної сировини змушують виробників розробляти заходи для зниження собівартості та підвищення якості вироблюваної продукції. [1].

Вузол розпуску та попереднього очищення є однією з найбільш енергозатратних стадій під час підготовки макулатурної маси. У зв'язку з цим пропонується встановити систему «**SimplyOne**» замість класичної системи розпуску та попереднього очищення маси. «**SimplyOne**» на сьогодні являє собою якісно нову концепцію, яка має суттєві переваги у порівнянні з існуючими системами. Простота і компактність дизайну системи дозволяють виключити значну кількість обладнання, що дозволить позбутися складної системи трубопроводів та зменшити велику кількість комплектувальних швидкого зносу.

На рис. 1.1 надано структуру системи «**SimplyOne**».

Принцип роботи системи.

Макулатура подається на транспортер та надходить до першої секції, де за концентрації 4-6% відбувається розпуск та відкачування маси. Легкі відходи та частина нерозпущеної маси переливом надходять до другої секції, де за концентрації 2-4%, проходить друга стадія розпуску та відділення легких відходів. Кожна з двох секцій має уловлювачі для сторонніх важких включень. Відсортований потік маси з двох попередніх секцій іде на розбавлення та подальше очищення. В третій секції за концентрації менше ніж 1% відбувається промивка відходів, де відмивається більша частина пластику та поліетилену. Волокна відділяються від пластику за допомогою ротора. Діаметр перфорації сортувальної плити становить 2мм, тому відсортована маса буде практично без домішок.

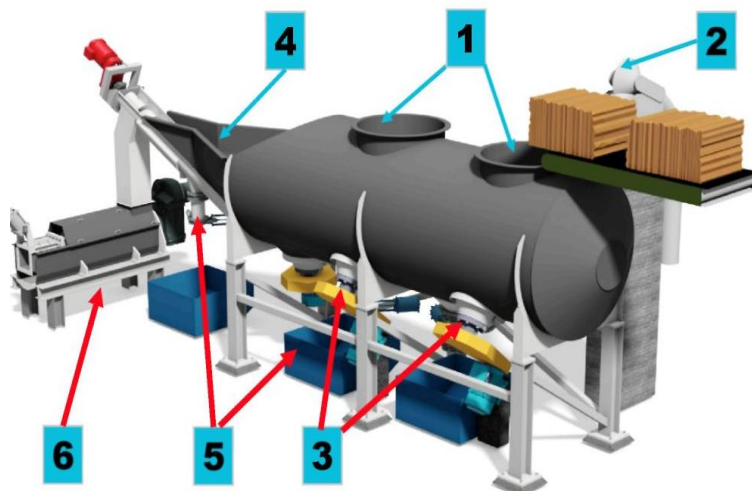


Рисунок 1.1 – Структура системи «**SimplyOne**»:  
1-гідророзбивачі (2-ва ступеня); 2-згютовитаскувач; 3-роторні вузли  
грубого сортування; 4-промивання відходів; 5-видалення важких  
включень; 6-компактор пластику (легких відходів)

В третій секції акумулюється пластик, маленькі тверді частинки, а саме: пісок, скло, скріпки, шматки проволони і т.п. Відсортована маса після відмивання разом із обіговою водою надходить до першої та другої секцій.

Надалі пластик та важкі відходи за допомоги механічної решітки, що обертається, надходять до шнека. Шнек гвинтового похилого транспортеру видаляє спочатку великовагові включення за допомогою уловлювача сторонніх важких включень. Після цього відбувається зневоднення пластику та транспортування його до компактора [19].

На рис. 1.2 надано схему роботи системи.

Основними перевагами системи «**SimplyOne**» є [19]:

- простота і компактність дизайну, за внаслідок чого зменшується кількість обладнання, в якому відпадає необхідність;
- зниження ступеню зносу обладнання завдяки зведенню до мінімуму внутрішньої рециркуляції;
- відпадає потреба у клінерах високої концентрації (магноклінери).

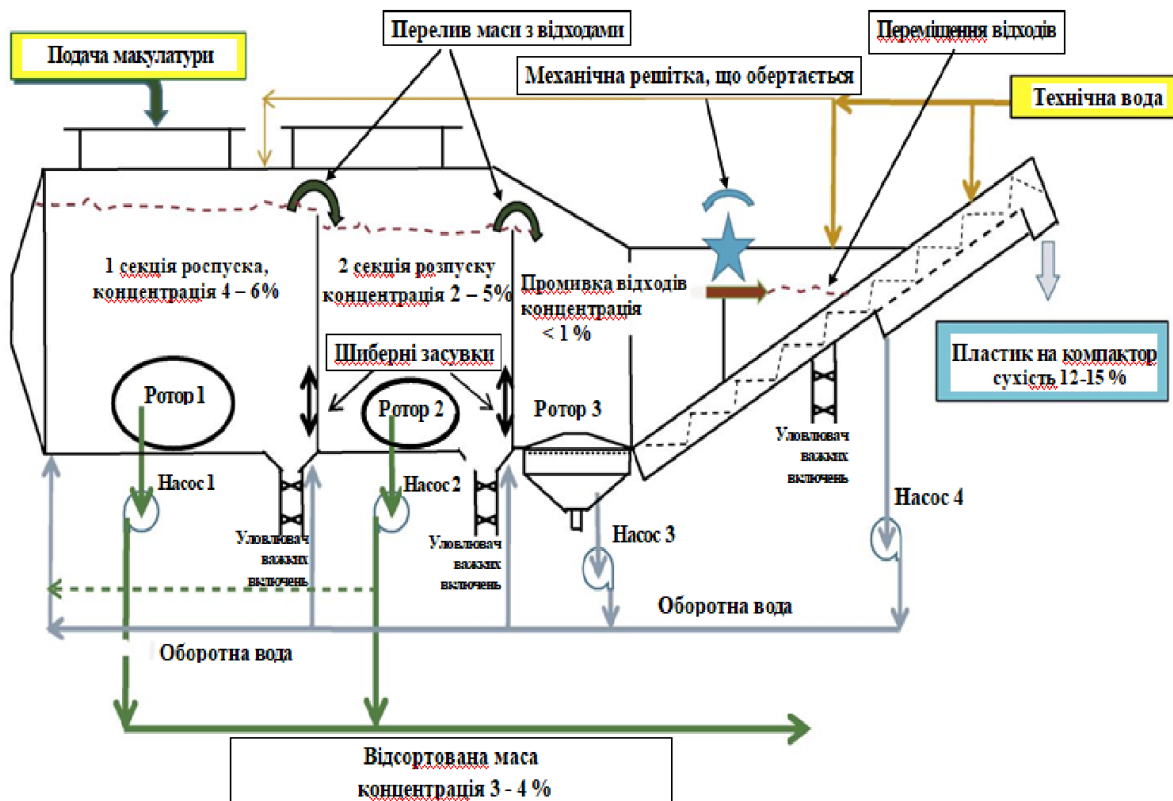


Рисунок 1.2 – Схема роботи системи «SimplyOne»

- високий вихід волокна, завдяки активному промиванню та отримання висококонцентрованих відходів;
- автоматизовані технологічні процеси, які забезпечують зручність під час запуску і зупинки, та доступність в експлуатації та очищенні маси;
- зниження енергоспоживання на 30% в порівнянні з існуючою системою.

На технологічний потік з виробництва флютіну пропонується встановити систему «**SimplyOne**» **SO-300**:

- режим роботи - безперервний;
- добова продуктивність-300т./доб;
- діаметр-3.85м;
- загальна довжина-18м;
- корисний об'єм-55м<sup>3</sup>;
- загальна потужність-540 кВт.

На сьогодні в технологічному потоці з виробництва флютінгу вузол розпуску складається з класичного набору обладнання [3], а саме:

- гідророзбивач ГРГм -40;
- вторинний гідророзбивач Valmet ТТР 35;

- барабан відходів «Aberdeen»;
- клінер високої концентрації «Магноклінер».

Продуктивність наявного вузла розпуску складає 200т./доб. При цьому загальне споживання електроенергії з урахуванням насосів, транспортерів та компактору складає 640 кВт.

Після встановлення системи «**SimplyOne**» споживання електроенергії знизиться на 100 кВт. Як було зазначено раніше, після проведення реконструкції вузла розпуску, продуктивність буде становити 300 т./доб. Це дозволить розробити графік зупинок устаткування після підняття максимального рівня в приймальному басейні, що у свою чергу також призведе до зменшення споживання електроенергії. Після проведення реконструкції вузла розпуску та попереднього очищення маси буде зроблено запас міцності, який дозволить в майбутньому підвищити продуктивність усього технологічного потоку з виробництва флютіну.

## **1.2 Реконструкція формуючої частини ПРМ**

Орієнтація волокон в потоці маси над сіткою папероробної машини служить однією з головних умов досягнення необхідних механічних показників в поздовжньому і поперечному напрямках (MD, CD). Велике значення має можливість регулювання розташування волокон під час виробництва флютіну. Значною мірою це досягається співвідношенням швидкості виходу маси з напірного ящика до швидкості формуючої сітки [2]. В ситуації, коли постійно погіршується якість макулатурної сировини (слід зазначити, що в Україні в наш час не працює жодне підприємство з виробництва целюлози) [1], необхідно приділяти значну увагу якості виробленої продукції.

Формуюча частина ПРМ складається з традиційного сіткового столу з зоною зневоднення 19,3 м (від грудного вала до гауч-валу) [3]. Масна суспензія виходить з напірного ящика з концентрацією 0,6-0,8%. Зневоднюючі ящики виробництва фірми IBS. Рівень вакууму поступово підвищується від напірного ящика до гауч-валу [3].

На рис. 1.3 надано схему формуючої системи ПРМ [11].

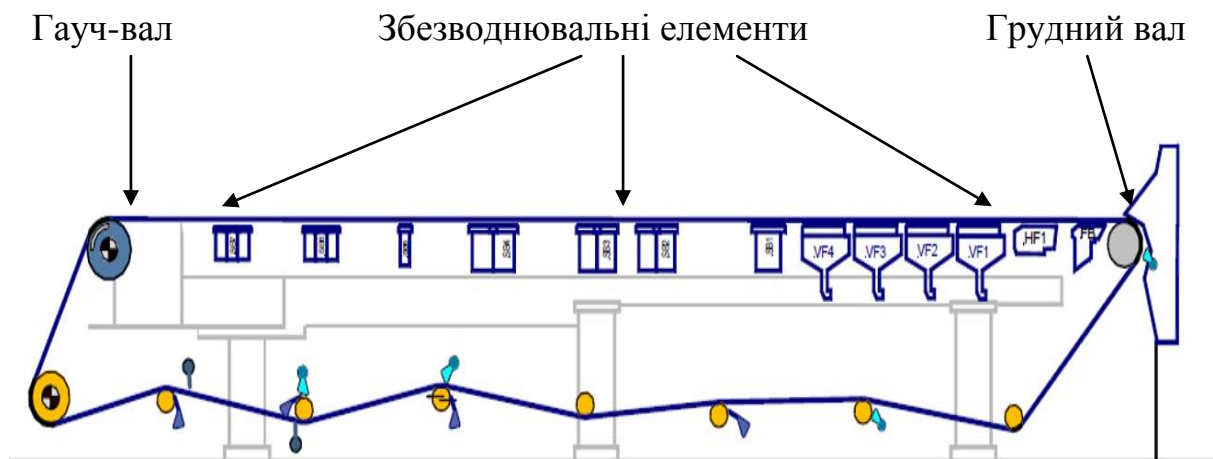


Рисунок 1.3 - Схема формуючої частини ПРМ [11]

Для поліпшення якості продукції, що виготовляється пропонується заміна залізного грудного вала з гумовим покриттям на грудний вал **Carbo-Form** [19] та встановлення сіткотряски **Duo-Shake** [3]. Таке поєднання дозволить підвищити активність паперової суспензії після виходу з напірного ящика, що у свою чергу дозволить поліпшити формування паперового полотна та знизити анізотропію міцності на розрив [2]. Все це призведе до підвищення механічних показників (СМТ CD [N], ССТ [N], SCT [N], продавлювання [kPa], тощо) (рис. 1.4, 1.5) [5].



Рисунок 1.4-Наявна активність  
масної суспензії



Рисунок 1.5- Підвищена  
активність масної суспензії

Вага валу **Carbo-Form** з композитних матеріалів на основі вуглецевих волокон складає близько 40% від ваги аналогічного сталевого вала. Це, наряду з високою геометричною точністю форми, дозволить досягти якісніших показників тряски [18]. Принцип дії сіткотряски **Duo-Shake** дозволяє генерувати частоти, які



недосяжні для більшості традиційних сіткотрясок [19]. Таким чином дана система цілком підходить для ПРМ з проектною швидкістю до 900 м/хв. [2].

На рис 1.6. показана схема сіткотряски Duo-Shake.

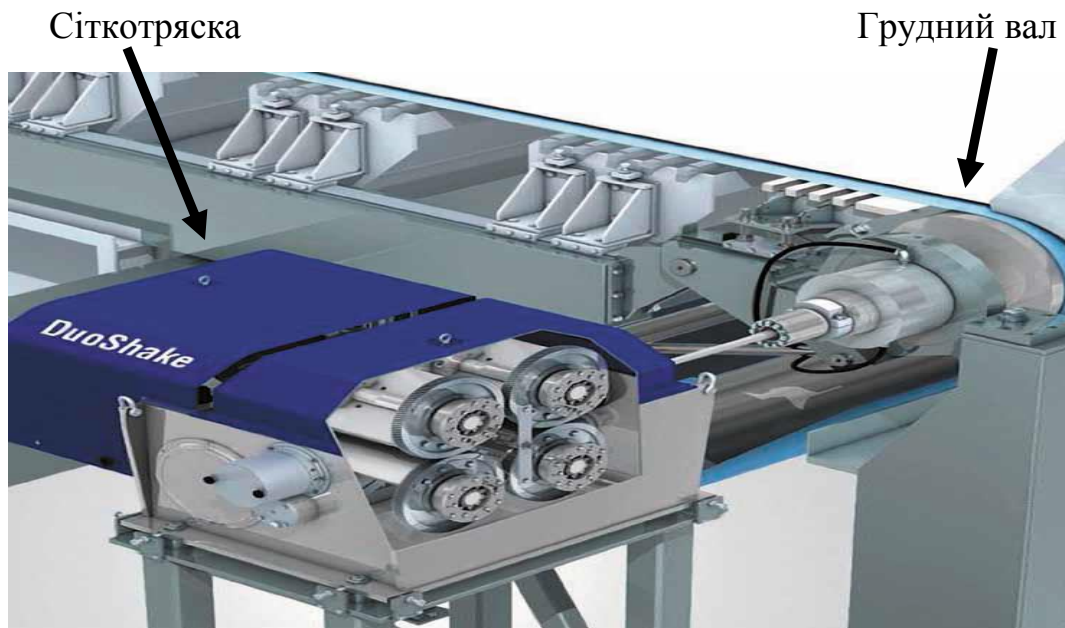


Рисунок 1.5 - Схема сіткотряски Duo-Shake [19]

Завдяки поліпшенню якісних показників паперу, таких як формування, міцність на розтягнення, анізотропія міцності на розрив та інше, з'явиться можливість зменшити вагу 1м<sup>2</sup> паперу [4]. Це призведе до економії волокна та матеріалів на технологію. Наприклад, комбінація сіткотряски Duo-Shake та грудного валу **Carbo-Form** дозволить скоротити споживання волокна, зменшити витрати крохмалю та ступінь мливу без шкоди для якісних показників паперу для гофрування [3]. Економія сировини та матеріалів призведе до швидкої окупності інвестицій [18].

### 1.3 Реконструкція пресової частини ПРМ

В процесі зневоднення паперового полотна важливу роль відіграє пресова частина ПРМ [11]. Після формуючої частини маса з сухістю 22% надходить до пресової частини, де відбувається подальше зневоднення [5]. В процесі проходження паперового полотна через прес можна виділити дві стадії, а саме: стадія зростаючого тиску та – стадія тиску, що зменшується [2]. На першій стадії

відбувається стиснення полотна і сукна, вода з стисненого полотна переходить в сукно [3]. Після досягнення максимального тиску починається друга стадія, на якій відбувається відновлення товщини сукна і паперу внаслідок їх пружності і йде зворотне всмоктування води з сукна в папір під дією сил капілярного всмоктування через те, що розмір пор в папері менше, ніж в сукні [2].

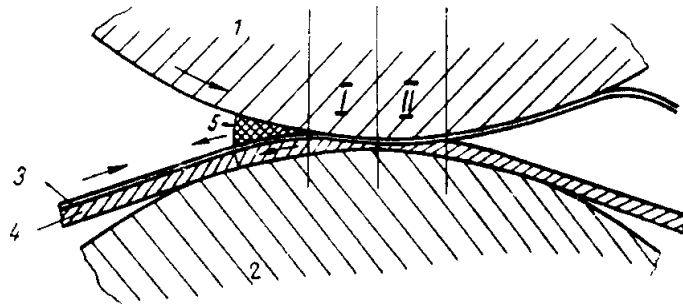


Рисунок 1.6 - Механізм зневоднення (I, II – стадії зневоднення):

1 – верхній вал; 2 – нижній вал; 3 – паперове полотно;

4 – пресове сукно; 5 – вода

Встановлення другого сукна на башмачний прес зумовить поглинання більшої кількості води під час пресування, бо це унеможливить утворення водяного кільця навколо верхнього валу та зменшить кількість віджимної води [11]. Після комбі-пресу полотно виходить із сухістю приблизно 40% (залежить від ступеня мливу, композиції сировини, швидкості ПРМ та інш.), саме башмачний прес з розширеною зоною пресування за допомоги пресових сукон може максимально ефективно видаляти воду [5]. Сучасні пресові сукна, як правило, виготовлені повністю з синтетичних волокон і складаються з двох основних компонентів: основи (каркаса) і поверхневих шарів вати, з'єднаних з основою голкопробивним засобом [11]. Це дозволяє збільшити термін експлуатації сукон за умов належної експлуатації.

Сухість полотна на виході з пресової частини ПРМ складає 48% [5]. Після встановлення верхнього сукна на башмачний прес очікується збільшення сухості на 3%, паперове полотно буде надходити до сушильної частини з сухістю 51%. Як відомо, підвищення сухості перед сушильною частиною на 1% зменшує витрати пара на 6% [5]. Тому встановлення верхнього сукна дозволить збільшити потужність сушильної частини на 20% та збільшити швидкість ПРМ, або зменшити витрати на енергію нагрівання.

Витрати пару під час виробництва флютінгу складають 1,75 тон на 1 тону виробленої продукції [18]. Збільшення сухості полотна після пресової частини зумовить скорочення витрат пару на 20% або 0,35 тон на 1 тону паперу [5]. Під час постійно зростаючих цін на енергоносії це зумовить зменшення собівартості, що позитивно вплине на економічний стан підприємства.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Вимоги до сировини та готової продукції

#### Макулатура паперова і картонна

##### Технічні умови ДСТУ 3500

В процесі виробництва паперу для гофрування використовується макулатура паперова і картонна (ДСТУ 3500) [8].

Цей стандарт поширюється на макулатуру паперову і картонну (далі-макулатура), яка використовується як вторинна сировина для виготовлення паперу, картону та інших виробів.

Стандарт не поширюється на макулатуру несортовану та непаковану.

В залежності від складу макулатура поділяється на чотири групи [8]:

- А – макулатура з високими паперотворними властивостями;
- Б – макулатура з середніми паперотворними властивостями;
- В – макулатура з низькими паперотворними властивостями;
- Г – макулатура, яка важко розпускається.

3.2 Макулатура кожної групи залежно від складу, джерел надходження, кольору і здатності до розпуску поділяється на марки згідно з табл. 2.1 [8].

Таблиця 2.1

Група	Марка	Склад
А	МС-1А-1	Відходи перероблення білого непігментованого паперу із 100 % біленої целюлози без друку та лініювання, без ламінованого, лакованого, парафінованого та іншого покриття і просочення (синтетичними смолами, парафіном, воском, жироподібними речовинами тощо): папір для друку, малювання, писальний, креслярський, санітарно-гігієнічного призначення та інші види білого паперу без гільз.
	МС-1А-2	Відходи перероблення білого паперу із 100 % біленої целюлози, в тому числі пігментованого, без друку та лініювання, без ламінованого, лакованого, парафінованого та іншого покриття і просочення (синтетичними смолами, парафіном, воском, жироподібними речовинами тощо): папір для друку, малювання, писальний, креслярський та інші види білого паперу без гільз.
	МС-2А-1	Відходи перероблення білого паперу різного за складом, з лініюванням або без нього (крім газетного) без пігментованого покриття, без покриття і просочення синтетичними смолами, парафіном, воском, жироподібними речовинами тощо та без ламінування.
	МС-2А-2	Відходи перероблення білого паперу (крім газетного) з лініюванням, кольоровою смужкою (площа друку не більше 20 % площі поверхні), у тому числі з пігментованим покриттям, але без покриття і просочення та без ламінування.

Продовження таблиці 2.1

Група	Марка	Склад
	МС-3А	Відходи виробництва, перероблення та споживання продукції із небіленої целюлози: паперу: для гофрування (флютинг); пакувального; шпагатного; патронного; мішкового; основи абразивного; основи для клейової стрічки; картону: для плоских шарів гофрованого картону (крафт-лайнера) та інших видів; перфокарт; паперового шпагату та інших видів. Відходи виробництва мішків паперових невологомічних (без бітумного просочування, прошарку і армованих шарів)
	МС-4А	Використані мішки паперові невологомічні (без бітумного просочування, прошарку і армованих шарів)
Б	МС-5Б-1	Відходи виробництва, перероблення та споживання гофрованого картону та гофротара із небіленої целюлози
	МС-5Б-2	Відходи виробництва та перероблення гофрованого картону різного сировинного складу та гофротара, яка не була у використанні
	МС-5Б-3	Гофрокартон та гофротара всіх видів з друком та без нього після використання
	МС-6Б-1	Відходи перероблення картону із біленої целюлози без друку
	МС-6Б-2	Відходи перероблення картону із біленої целюлози з чорно-білим та кольоровим друком
	МС-6Б-3	Відходи перероблення та споживання картону всіх видів (крім електроізоляційного, покрівельного та взуттєвого), у тому числі з чорно-білим та кольоровим друком
	МС-7Б-1	Відходи виробництва поліграфічної галузі: обрізки, книги, журнали, брошури, проспекти, каталоги та інші види продукції без оправлення; нереалізовані книги, журнали, брошури, проспекти, каталоги, блокноти, зошити, записні книжки, плакати та інші види друкованої продукції і паперових білових товарів, які видано на білому папері, крім газетного з однофарбовим та кольоровим друком, без твердого приклеєного оправлення, палітурок, обкладинок та корінців
	МС-7Б-2	Використані книги, журнали, брошури, проспекти, каталоги, блокноти, зошити, записні книжки, плакати та інші види друкованої продукції і паперово-білових товарів, які видано на білому папері, крім газетного з однофарбовим та кольоровим друком, без твердого приклеєного оправлення, палітурок, твердих обкладинок та корінців
В	МС-8В-1	Відходи перероблення газетного паперу без друку
	МС-8В-2	Відходи газетного паперу з друком та нереалізовані тиражі газет

## Закінчення таблиці 2.1

Група	Марка	Склад
	МС-8В-3	Газети, що були у використанні
	МС-9В	Паперові та картонні гільзи, шпулі, втулки (без стрижнів і корків, без покриття і просочення)
	МС-11В	Відходи перероблення та споживання картону і паперу різноманітних видів та кольорів, окрім чорного та коричневого: санітарно-гігієнічного призначення, обкладинкового, світлочутливого, в тому числі задрукованого на апаратах розмножувальної техніки або принтерах, афішного, шпалерного (без покриття), пачкового, шпульного, фільтрувального тощо
Г	МС-12Г	Відходи виробництва, перероблення та споживання паперу, картону та гофрокартону з просоченням і покриттям, в тому числі вологоміцні, ламіновані, проклеєні спеціальними клеями; паперові мішки, виготовлені з паперу зазначених видів; електроізоляційний папір та картон, шпалери, книги, журнали, надруковані на лакованому папері
	МС-13Г	Відходи виробництва, перероблення та споживання паперу та картону чорного і коричневого кольорів, папір копіювальний, для обчислювальної техніки, папір пігментований і ґрунтований, покрівельний картон тощо
	МС-14Г	Відходи банкотного паперу і банкнот, зношені банкноти

## Крохмаль модифікований

### Технічні умови ТУ У 24885977.001 : 2001

В процесі виробництва паперу для гофрування використовується крохмаль модифікований [8].

Технічні умови поширюються на крохмаль модифікований, призначений для використання у виробництві картону та паперу[8].

Крохмаль модифікований повинен вироблятися марок:

КМС - призначена для міжшарового, поверхневого та внутримасного проклеювання під час виробництва картону та паперу;

КММ - призначена для виготовлення пігментувальних паст під час виробництва картону та паперу.

Показники якості крохмалю модифікованого повинні відповідати вимогам, наведеним у табл.2.2 [8].

Таблиця 2.2

Назва показника	Норма для марки		Метод випробування
	КМС	КММ	
1. Масова частка фосфору, %	0,4 - 2,0	0,5 - 3,0	5.5 цих технічних умов
2. Масова частка карбаміду, %	2,0 - 5,0	4,0 - 10,0	5.4 цих технічних умов
3. Масова частка вологи, % не більше	13,0	13,0	Згідно з ГОСТ 7698
4. рН водного розчину	6,0 - 8,0	6,0 - 8,0	Згідно з ГОСТ 12523 та 5.6 цих технічних умов
5. Умовна в'язкість, с: за масової частки зависі, %			Згідно з ГОСТ 8420
5	20-30	-	
15	-	14-18	
2	-	22-28	

### Алюмінію сульфат технічний очищений

ГОСТ 12966

В процесі виробництва паперу для гофрування використовується алюмінію сульфат технічний очищений [8].

Показники якості алюмінію сульфат технічний очищений повинні відповідати вимогам, наведеним у табл. 2.3 [8].

Таблиця 2.3 – Вимоги до сульфату алюмінію

Наименование показателя	Норма для марок.		
	А	Б	
	высшая категория качества	1-й сорт	2-й сорт
		I категория качества	I категория качества
	ОКП 2141140210	ОКП 2141140223	ОКП 2141140223
1. Внешний вид	Неслеживающиеся пластинки, брикетки, куски неопределенной формы и разного размера массой не более 10 кг ,белого цвета. Допускаются бледные оттенки серого, голубого и розового цвета		
2. Массовая доля оксида алюминия, %, не менее.	17	16	15

Закінчення таблиці 2.3

3. Массовая доля нерастворимого в воде остатка, %, не более	0,2	0,3	0,7
4. Массовая доля железа в пересчете на оксид железа (3), %, не более	0,02	0,02	0,3
5. Массовая доля свободной серной кислоты (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ), %, не более	выдерживает испытание		0,1
6. Массовая доля мышьяка в пересчете на оксид мышьяка(3), %, не более	0,001	0,001	0,003

**Гідрооксихлорид алюмінію «ПОЛВАК 40/68/80»**

ТУ У 19155069.001

В процесі виробництва паперу для гофрування використовується гідрооксихлорид алюмінію «ПОЛВАК 40/68/80»[8].

Показники якості гідрооксихлорид алюмінію «ПОЛВАК 40/68/80» повинні відповідати вимогам, наведеним у табл. 2.4 [8].

Таблиця 2.4 – Характеристика розчинів гідроксихлоридів алюмінію різного ступеня основності

Найменування показника	Норма		
	Полвак-40	Полвак-68	Полвак-80
Зовнішній вигляд	зеленувато-жовта рідина, допускається наявність інших відтінків і каламуть		
Масова частка основної речовини в перерахуванні на Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %, не менше	15	10	10
Відносна основність, %	35 – 45	65 – 72	74 – 80
Щільність при 20 °С, г/см <sup>3</sup>	1,23 – 1,40		
Масова частка нерозчинного у воді залишку, %, не більше	0,3		
Масова частка хлоридів, %	5 – 20		

## Флокулянт “FENNOPOLA 305”

В процесі виробництва паперу для гофрування флокулянт “FENNOPOLA 305” [8].

Показники якості флокулянту “FENNOPOLA 305” повинні відповідати вимогам, наведеним нижче за текстом [8].

Зовнішній вигляд	білий гігроскопічний порошок
Запах	відсутній
В’язкість (25°C, 0,5% ), м пас	25 – 45
Щільність, г/см <sup>2</sup>	0,6 – 0,9
pH	3,5 – 7,0

## Папір для гофрування

### ГОСТ 7377

Показники якості паперу для гофрування повинні відповідати нормам технічних умов (ГОСТ 7377 [7]) і наведені у табл. 2.5.

В залежності від показників якості папір для гофрування повинен виготовлятися наступних марок: Б-0, Б-1, Б-2, Б-3 - склеєний (К) і несклеєний (НК). Папір марки Б-2 масою 1 м<sup>2</sup> 80 г призначений для виготовлення мікрогофри. Папір повинен виготовлятися в рулонах.

Таблиця 2.5 – Показники якості паперу для гофрування

Наименование показателя	Норма для марки										Метод испытания
	Б-0					Б-1					
1. Масса бумаги площадью 1м <sup>2</sup> , г	100 ±5	112 ±6	125 ±6	140 ±8	175 ±10	100 ±5	112 ±6	125 ±6	140 ±8	175 ±10	по ГОСТ 13199-88
2. Сопротивление плоскостному сжатию гофрированного образца бумаги (СМТ <sub>30</sub> ), Н, не менее при ширине полоски 15 мм	215	260	310	350	400	210	240	280	330	370	по ГОСТ 20682-75
при ширине полоски 12,7 мм	180	205	255	300	350	170	190	245	270	330	



Продовження табл. 2.5

Наименование показателя	Норма для марки										Метод испытания
3. Абс. сопр. продавливанию, кПа, не менее	195	25	320	370	450	195	245	320	340	410	по ГОСТ 13525.8-86
4. Удельное сопротивление разрыву в машинном направлении, кН/м, не менее	6,0	7,0	8,0	9,0	11,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	по ГОСТ 13525.1-79
5. Сопротивление торцевому сжатию гофрированного образца бумаги (ССТ), кН/м, не менее	0,80	1,00	1,35	1,50	1,80	0,70	0,95	1,15	1,35	1,55	по ГОСТ 20682-75

Продовження табл. 2.5

Наименование показателя	Норма для марки										Метод испытания
	Б-2					Б-3					
1.Масса бумаги площадью 1м <sup>2</sup> , г	80 ±5	112 ±6	125 ±6	140 ±8	160 ±8	100 ±5	112 ±6	125 ±6	140 ±8	160 ±8	По ГОСТ 13199-88
2.Сопротивление плоскостному сжатию гофрированного образца бумаги (СМТ <sub>30</sub> ),Н, не менее при ширине полоски 15 мм при ширине полоски 12,7 мм	115	190	230	250	280	75	110	150	190	220	По ГОСТ 20682-75
	90	150	195	205	235	65	90	125	150	180	
3.Абсолютное сопротивление продавливанию, кПа, не менее	125	195	275	310	340	120	145	175	195	225	По ГОСТ 13525.8-86

Закінчення табл. 2.5

4. Удельное сопротивление разрыву в машинном направлении, кН/м, не менее	4,0	5,5	6,0	6,5	7,0	4,0	5,0	5,5	6,0	6,5	По ГОСТ 13525.1-79
5. Сопротивление торцевому сжатию гофрированного образца бумаги (ССТ), кН/м, не менее	-	0,75	0,95	1,15	1,35	0,40	0,65	0,75	0,95	1,10	По ГОСТ 20682-75
6. Поверхностная впитываемость воды, г, Кобб <sub>30</sub> в среднем по двум сторонам клеёной неклеёной, не менее	30-70 70					30-70 70					По ГОСТ 12605-82
7. Влажность, %	$7^{+2}_{-1}$					$7^{+2}_{-1}$					По ГОСТ 13525.19-71

## 2.2 Технологічна схема виробництва паперу для гофрування

Технологічна схема виробництва паперу для гофрування наведено на рис. 2.1.

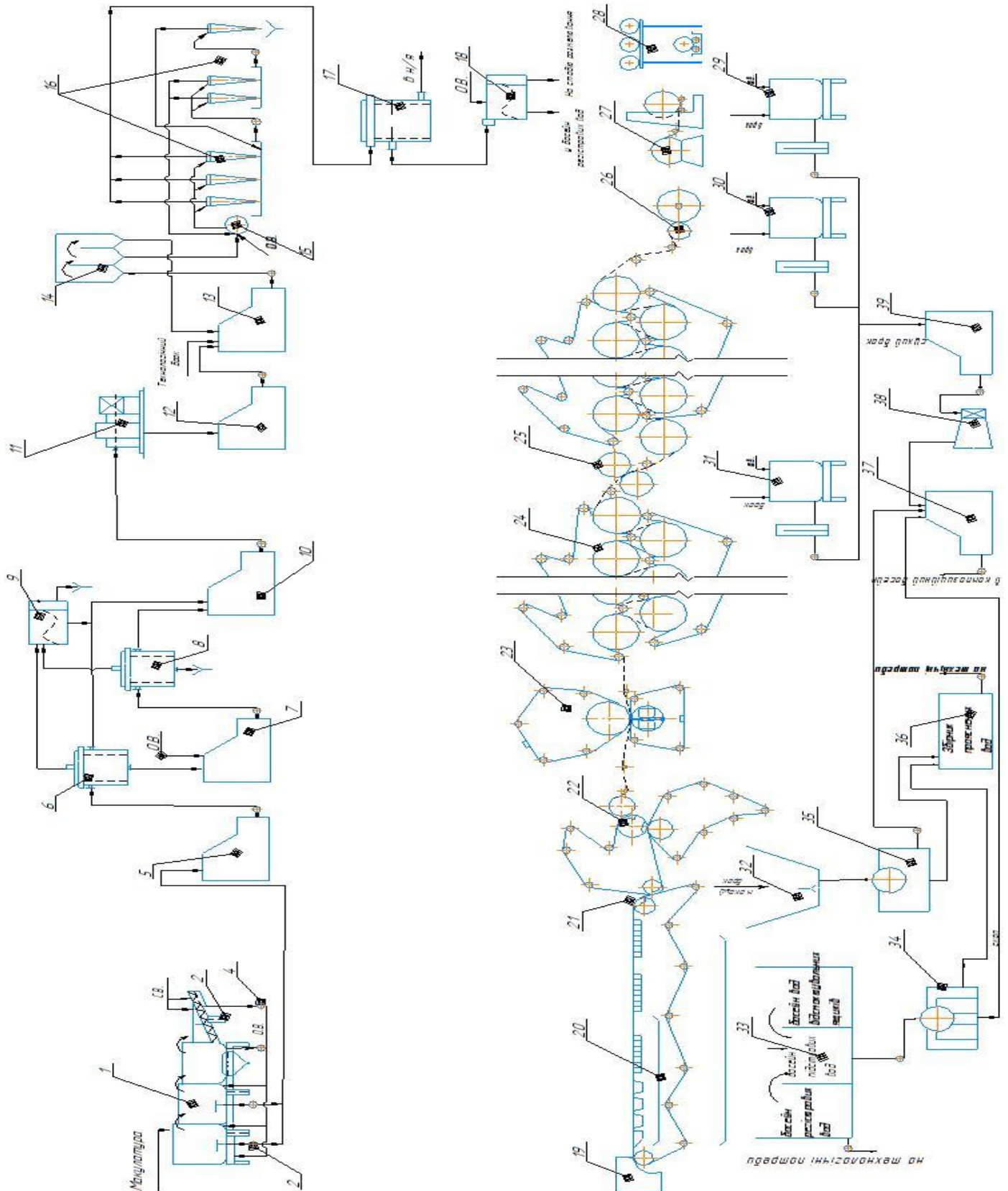


Рисунок 2.1 – Технологічна схема виробництва паперу для гофрування

### 2.2.1 Опис технологічної схеми

Макулатура подається та проходить дві стадії розпуску (1). Перша стадія відбувається за концентрації 4-6%, друга – за концентрації 2-5% [5]. Важкі включення видаляються через уловлювачі. Відсортований потік маси іде на подальше очищення (2). В третій секції відбувається дорозпуск та промивка відходів за концентрації менше ніж 1% [4]. Далі металеві включення (скріпки, кнопки, шматочки дроту та ін.) а також пластик надходять до шнека. На цій стадії спочатку видаляються металеві включення (3), а потім промивка та зневоднення пластику. Вода після зневоднення повертається до першої та другої стадій розпуску (4). Пластик надходить до компактору.

Макулатурна маса після розпуску насосом подається та накопичується в приймальному басейні (5) місткістю 600 м<sup>3</sup> [5].

З басейну маса з концентрацією 3.5% насосом подається на вхід первинної сортувалки типу «OptiScreenCS – 90 LF» (6), яка видаляє такі сторонні домішки як залишки пластику, пінопласт та ін. Маса після сортування подається в басейн(10), а важкі відходи сортування першого ступеня направляються в басейн (7) а потім на сортувалку другого ступеня (8). Волокниста маса виводиться із сортувалки і надходить в басейн для відсортованої маси (10). Легкі відходи з двох сортувалок виводяться на вібросортувалку (9) [5].

З басейну (10) маса подається на конічний млин основного розмелювання OptiFinerRF-04 (11). Розмелена маса зі ступенем млива 35-45°ШР поступає в буферний басейн розмеленої маси (12).

З буферного басейну маса надходить до машинного басейну ПРМ (13) з концентрацією близько 3.5%. Після машинного басейну маса насосом подається до бака постійного напору (14) [4].

З машинного басейну маса через бак постійного напору подається у змішувальний насос (15), а надлишок маси повертається у басейн [4]. У змішувальний насос подається оборотна вода, далі маса надходить на перший ступінь центриклинерів (16) для очищення від включень не волокнистого характеру. Очищення маси у ньому відбувається під дією відцентрових сил, що

виникають у вихрових потоках, які поділяються на зовнішній, направлений до вершини конуса, і внутрішній, направлений в протилежну сторону.

Маса від першого ступеня очищення розбавляється оборотною водою до необхідної концентрації та поступає на другий ступінь очищення з концентрацією 0,4 %. Очищена маса другого ступеня очищення подається у змішувальний насос для очищення на першому ступені. Відходи другого ступеня розбавляються оборотною водою до концентрації 0,2 % та подаються насосом на третій ступінь очищення, після третього ступеня очищена маса надходить на другий ступінь, а відходи насосом відводяться у відвал [5].

Далі маса подається на машинну сортувалку щілинного типу (17), ширина щілини – 0,35 мм. Відходи сортування виводяться на вібросортувалку (18). Маса повертається на всмоктувальний патрубок насоса змішувача, а відходи виводяться у відвал. Очищена маса з концентрацією 0,6 - 0,7% подається в напірний ящик (19) [13].

З напірного ящика маса з концентрацією 0,6 - 0,7% подається на рухому сітку машини, де відбувається процес формування паперового полотна. Формуюча частина (20) складається з традиційного сіткового столу [18] (грудний вал, грудна дошка, тряскосітка, мокрі відсмоктувальні ящики та сухі відсмоктувальні ящики) з зоною збезводнювання довжиною 19,3 м. Рівень вакууму на відсмоктувальних ящиках поступово підвищується від грудної дошки до гауч-валу. Сухість полотна після гауч-валу складає 20-22%.

Далі полотно за допомоги вала Пік-Ап (21) потрапляє до пресової частини ПРМ, яка складається з комбі-преса (22), який має дві зони пресування, та «башмачного» преса (23) з розширеною зоною пресування. На цьому етапі дуже важливо зневоднити полотно до сухості не менш ніж 50%, надалі кожний відсоток збільшення сухості полотна в пресовій частині знижує витрати пару в сушильній частині на 6% [3]. Комбі-прес складається з центрального трьох камерного відсмоктувального валу, нижнього валу з глухою перфорацією та верхнього гладкого валу [11]. Комбі-прес має два сукна. «Башмачний» прес складається з «башмачного» модуля, на якому розташований поліуретановий банкет та верхнього гладкого валу. На «башмачному» пресі також встановлено два сукна [11].

Після ущільнення та зневоднення паперове полотно надходить до сушильної частини. Сушильна частина ПРМ (24) складається з ряду обертових сушильних циліндрів, які розташовані у шаховому порядку [5]. У свою чергу сушильна частина поділена на 5 груп за приводом та 8 груп за парою. 4 групи за приводом складають попередню сушильну частину, 5-та група за приводом розташована після клеїльного пресу (25) та складає досушувальну частину [5]. Клеїльний прес призначений для поверхневого проклеювання паперу крохмальним клеєм для підвищення фізико-механічних показників. Сухість полотна на вході в клеїльний прес складає близько 94%, на виході сухість складає 65%. Після сушильної частини полотно виходить на накат (26) з сухістю 94% та намотується на тамбурні вали.

Після накату продукція потрапляє на повздовжно-різальний верстат (27), на якому папір ріжеться та намотується на рулони необхідних діаметрів та форматів. Після зрізання продукція зважується, оформлюється та транспортується на склад готової продукції (28).

Під час роботи ПРМ утворюється мокрий та сухий брак [5]. Сухий брак переробляється мішалкою поздовжньо – різального верстата ПРВ (29), мішалкою під накатом (30) та мішалкою під клеїльним пресом (31). Далі маса з басейнів сухого браку потрапляє до басейну браку (39). Після нього маса проходить крізь пульсаційний млин (38), де подрібнюються нерозпущені волокна, та потрапляє до басейну обігового браку (37). Мокрий брак накопичується під час заправки машини після планових простоїв або при обривах полотна [5]. В цьому випадку брак переробляється в мішалці під гауч-пресом (32). Брак розбавляється водою і насосом подається в згущувач шаберного типу (35). Згущений до концентрації 3,5 - 4% брак направляється в басейн обігового браку (37), а вода подається до флотатора (34).

Вода, яка відводиться з сіткового столу (20) ПРМ, подається в збірник води (33), який поділяється на 3 басейни, а саме: басейн реєстрових вод, басейн підсіткової води та басейн вод відсмоктувальних ящиків [5].

Вода від реєстрової частини збирається у басейні реєстрових вод і використовується на технологічні потреби. Надлишкова оборотна вода перекачується на дисковий фільтр (34), а потім подається в басейн обігових вод

(36). Надлишкові освітлені води можуть бути використані за умови додаткового очищення [5].

## 2.3 Розрахунок матеріального балансу

2.3.1 Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу води та волокна наведено в табл. 2.6.

Найменування статей	Вихідні дані		
	Джерело [1]	Джерело [2]	Приймаємо до розрахунку
<b>1. Концентрація маси на різних стадіях виробництва, %</b>			
На накаті	94,0	94,0-96,0	95,0
Після пресів	42,0	38,0-42,0	42,0
Після гауч-валу	20,0	18,0-20,0	20,0
Після відсмоктувальних ящиків	10,0	10,0-12,0	16,0
Після реєстрової частини	2,8	2,5-3,8	3,9
В напірному ящику	0,5	0,5-0,65	0,6
В баку постійного рівня	3,2	3,2-3,5	3,50
В композиційному басейні	3,2	3,2-3,5	3,50
В машинному басейні	3,2	3,2-3,5	3,50
В басейні оборотного браку	3,2	3,2-3,5	3,50
Скоп після дискового фільтра	3,2	3,2-3,5	3,50
Згущувач	3,2	3,2-3,5	3,50
Гідророзбивач сухого браку	3,2	3,2-3,5	3,50
Гауч-мішалка	1,0	0,8-1,0	0,80
Басейн оборотного браку	3,2	3,2-3,5	3,50
Після селективфайера	0,55	0,6-0,7	0,60
Після змішувального насоса №1	0,60	0,60-0,65	0,6020
Після змішувального насоса №2	0,65	0,70-0,75	0,7304
Після центриклинерів 1 ступеня	0,63	0,67-0,71	0,70
Після центриклинерів 2 ступеня	0,40	0,40-0,43	0,40
<b>2. Концентрація відхідних вод, %</b>			
Регістрова вода	0,18	0,17-0,20	0,1850
Підсіткові води	0,003	0,003-0,004	0,0040
Відсмоктувальних ящиків	0,10	0,10-0,12	0,10
Пресові води	0,10	0,10	0,10
Від промивання сітки	0,005	0,003-0,004	0,0040
Від промивання сукон	0,0012	0,001	0,0010
Прояснених вод після дискового фільтра	0,0015	0,001	0,0010
Від плоскої сортувалки	0,60	0,48-0,62	0,60
Згущувача	0,05	0,03-0,04	0,18

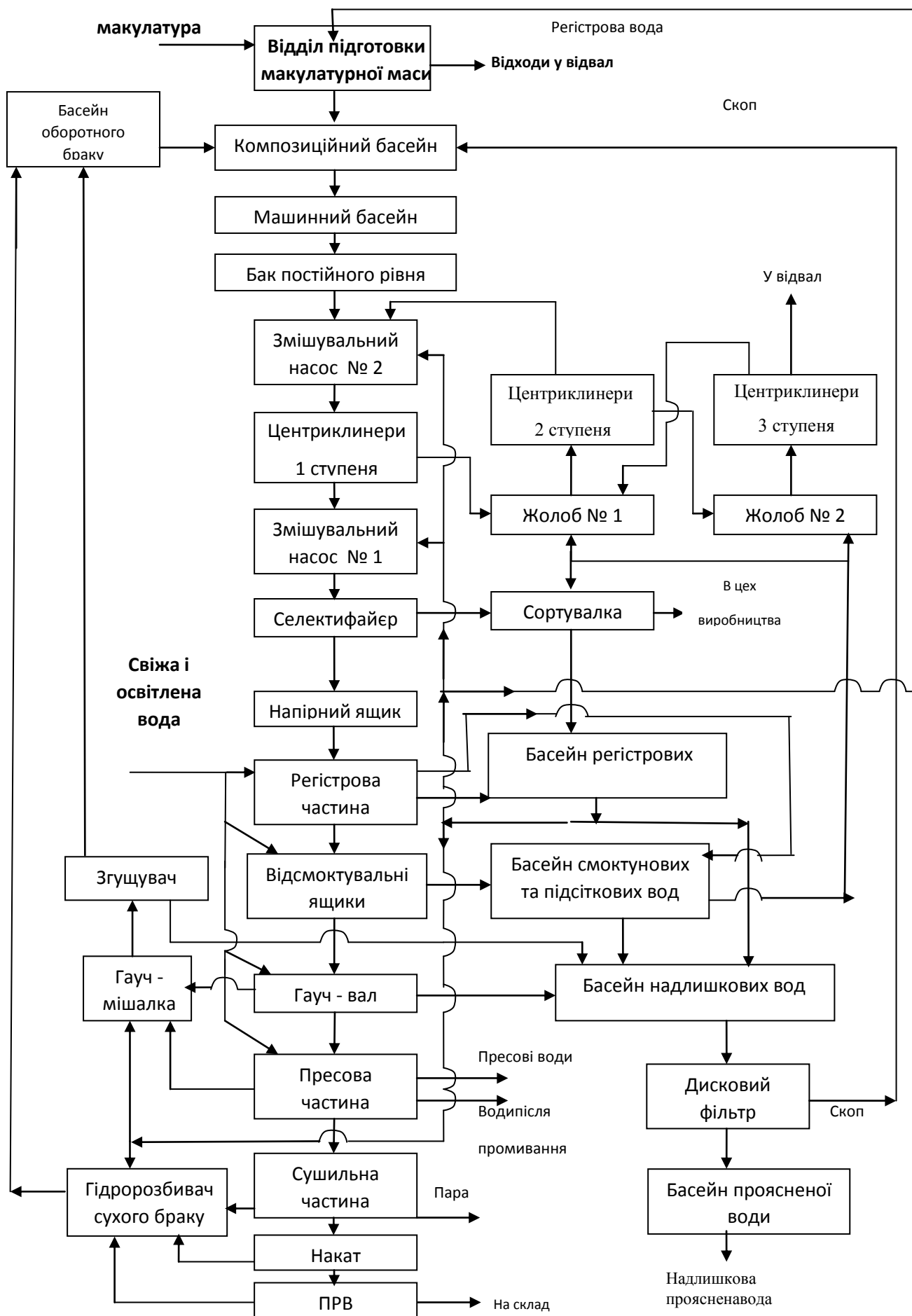
Продовження таблиці 2.6

<b>3. Витрата свіжої та надлишкової води, л/т паперу</b>			
Свіжа вода на промивання сіток	10000,0	18500,0	18500,0



Свіжа вода на спорски і відсічки відсмоктувальних ящиків	6000,0	10200,0	850
Свіжа вода на промивання сукон	5000,0	8750,0	10200
Свіжа вода на відсічки на гауч-валі	2000,0	3000,0	8750
Надлишкова вода на сортувалку	350,0	900,0	3400
<b>4. Витрата хімікатів, л/т паперу</b>			
<b>5.Кількість браку , % від маси паперу</b>			
В процесі оброблення паперу	2,0	1,5	1,0
На накаті	3,0	2,5	1,0
В процесі сушіння паперу	2,0	2,0	2,0
Мокрий брак	3,0	2,0	1,5
Після гауч-валу	2,0	1,5	1,5
<b>6.Композиція паперу, %</b>			
Макулатура	100,0	100,0	100,0
<b>7.Концентрація відходів сортування, %</b>			
Відходи селектифайера	1,4	1,5	0,80
Центриклинерів 1 ступеня	1,2	1,1	1,20
Центриклинерів 2 ступеня	0,75	0,7	0,70
Центриклинерів 3 ступеня	0,60	0,72	0,67
Відходи плоскої сортувалки	2,0	4,0	4,00
Відходи відділу підготовки макулатурної маси			5,00
<b>8.Сухість початкових напівфабрикатів %</b>			
Макулатура	88,0	88,0	88,0
<b>9.Кількість відходів сортування, % (кг/т)</b>			
Цетриклинери І ступеня	4,5 %	5,0 %	5,00%
Цетриклинери 3 ступеня	1,0 кг	1,5 кг	0,99кг
Селектифайер	1,2 %	1,0 %	1,10%
Відділ підготовки макулатурної маси	6,50	6,50	6,50

### 2.3.2 Блок-схема виробництва паперу для гофрування



### 2.3.3 Розрахунок матеріального балансу води і волокна

Розрахунок матеріального балансу води і волокна проводимо, прив'язуючись до блоків і водопотоків згідно блок-схеми, наведеної вище.

*Склад готової продукції* На склад поступає 1000 кг паперу із заданою сухістю 95 %.

Отже, в ньому міститься: абсолютно-сухого волокна  $1000 \cdot 0,95 = 950$  кг, води  $1000 - 950 = 50$  кг.

*Повздовжньо-різальний верстат (ПРВ)* З урахуванням 1% браку, що утворюється під час оброблення паперу ( $1000 \cdot 0,01 = 10$  кг) та надходить до гідророзбивача сухого браку, на ПРВ повинно поступити  $1000 + 10 = 1010$  кг. В папері, що проходить через ПРВ міститься:

абсолютно-сухого волокна  $1010 \cdot 0,95 = 959,5$  кг, води  $1010 - 959,5 = 50,5$  кг.

*Накат* З урахуванням 1% браку, що утворюється під час намотування паперу ( $1000 \cdot 0,01 = 10$  кг) та надходить до гідророзбивача сухого браку, на накат повинно надійти  $1010 + 10 = 1020$  кг п/с паперу.

З урахуванням вологи, в папері, що проходить через накат, міститься:

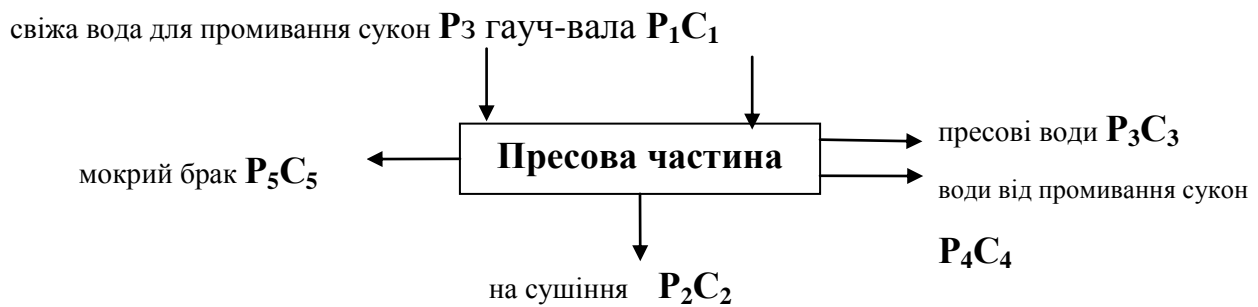
абсолютно-сухого волокна  $1020 \cdot 0,95 = 969$  кг, води  $1020 - 969 = 51$  кг.

*Сушильна частина*

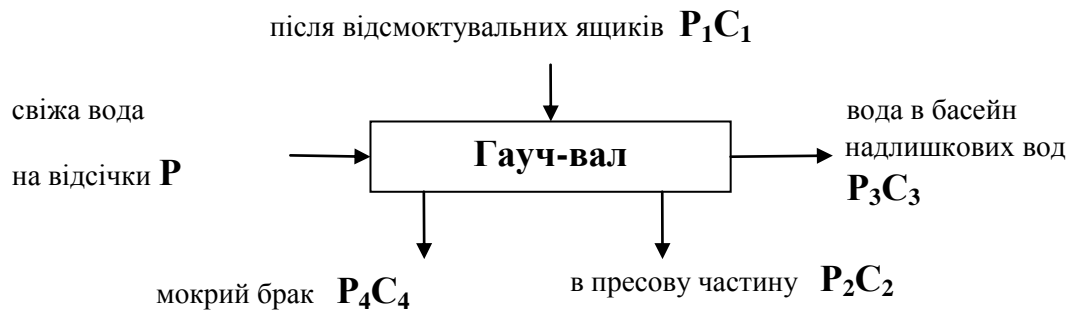


Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після пресів	2352,38	42,00	988,00	1364,38
<b>Надійшло(всього)</b>	<b>2352,38</b>		<b>988,00</b>	<b>1364,38</b>
На накат	1020	95,0	969,0	51,00
Втрати пару	1312,38	0,00	0,00	1312,38
В г/розб.сух.браку	20,00	95,00	19,00	1,00
<b>Пішло (всього)</b>	<b>2352,38</b>		<b>988,00</b>	<b>1364,38</b>

### Пресова частина



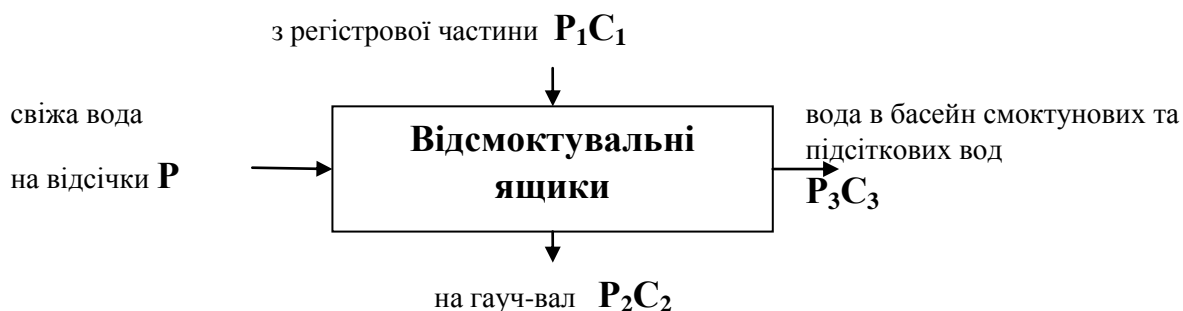
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після гауч-вала	4985,03	20,00	997,01	3988,02
Св.вода на пр.сукон	8750,00	0,00	0,00	8750,00
<b>Надійшло(всього)</b>	<b>13735,03</b>		<b>997,01</b>	<b>12738,02</b>
На сушіння	2352,38	42,00	988,00	1364,38
Пресові води	2617,64	0,1000	2,62	2615,03
Води в/пром.сукон	8750,00	0,0010	0,09	8749,91
В г/зміш.мокр.браку	15,00	42,00	6,30	8,70
<b>Пішло (всього)</b>	<b>13735,03</b>		<b>997,01</b>	<b>12738,02</b>



### Гауч-вал

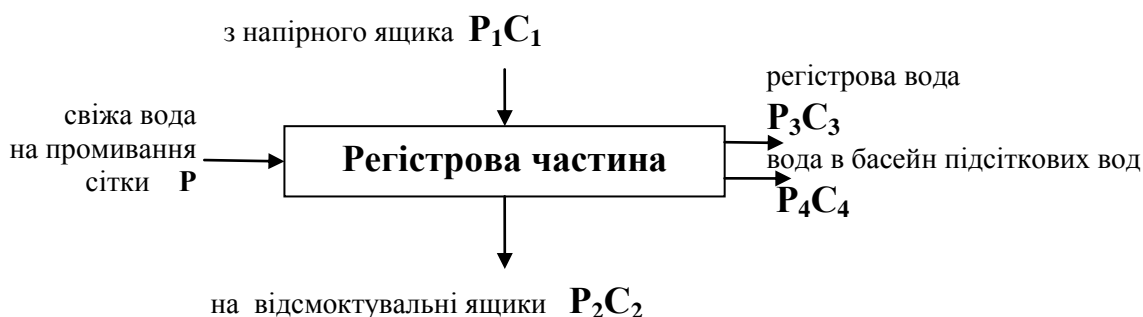
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після відсм.ящиків	6251,19	16,00	1000,19	5251,00
Св.вода на відсічки	3400,00	0,00	0,00	3400,00
<b>Надійшло(всього)</b>	<b>9651,19</b>		<b>1000,19</b>	<b>8651,00</b>
На пресову.частину	4985,03	20,00	997,01	3988,02
Води від гауч-вала	4651,17	0,0040	0,19	4650,98
В г/зміш.мокр.браку	15,00	20,00	3,00	12,00
<b>Пішло (всього)</b>	<b>9651,19</b>		<b>1000,19</b>	<b>8651,00</b>

## Відсмоктувальні ящики



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після реєстр.частини	26424,74	3,90	1030,56	25394,17
Св.вода на відсічки	10200,00	0,00	0,00	10200,00
<b>Надійшло(всього)</b>	<b>36624,74</b>		<b>1030,56</b>	<b>35594,17</b>
На гауч-вал	6251,19	16,00	1000,19	5251,00
В бас.смокт.та підс.вод	30373,54	0,1000	30,37	30343,17
<b>Пішло (всього)</b>	<b>36624,74</b>		<b>1030,56</b>	<b>35594,17</b>

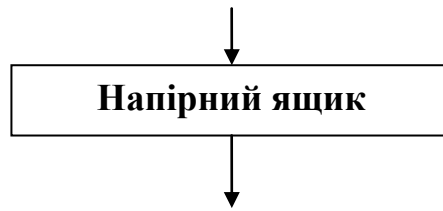
## Регістрова частина



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після н.ящика	236727,46	0,60	1420,36	235307,10
Свіжа вода на пром.сітки	18500,00	0,000	0,00	18500,00
<b>Надійшло(всього)</b>	<b>255227,46</b>		<b>1420,36</b>	<b>253807,10</b>
На відсм.ящики	26424,74	3,90	1030,56	25394,17
Регістрові води	210302,73	0,1850	389,06	209913,67
В бас.смокт.та підс.вод	18500,00	0,0040	0,74	18499,26
<b>Пішло (всього)</b>	<b>255227,46</b>		<b>1420,36</b>	<b>253807,10</b>

### Напірний ящик

із селективфайєра  $P_1C_1$



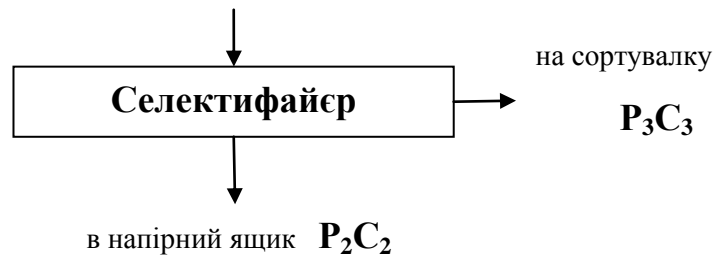
в реєстрову частину  $P_2C_2$

$P_1 = 236727,46$ ;  $C_1 = 0,6 \%$ .

$P_2 = 236727,46$  кг;  $C_2 = 0,6 \%$ .

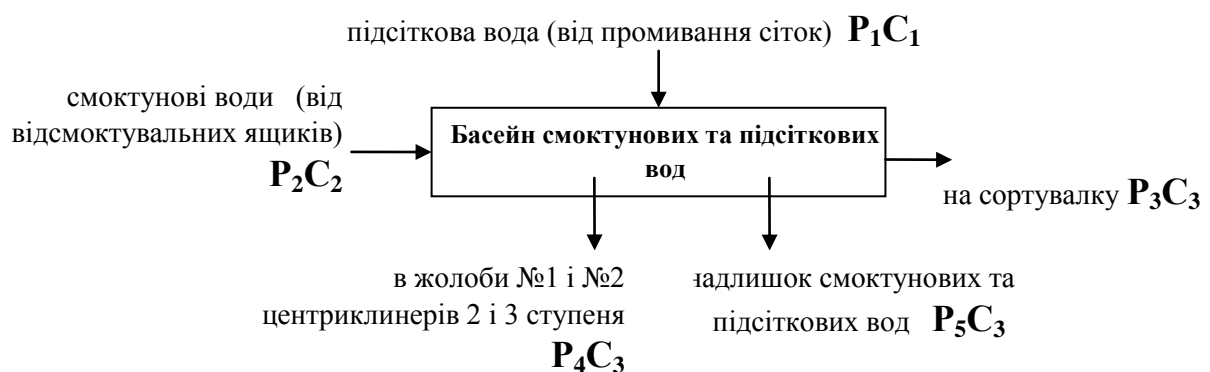
### Селективфайєр

із змішувального насоса №1  $P_1C_1$



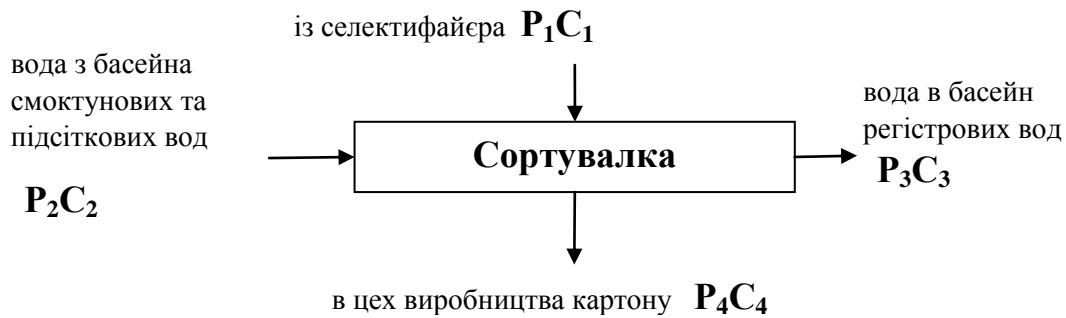
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після зміш.нас.№1	239094,50	0,6020	1439,30	237655,20
<b>Надійшло(всього)</b>	<b>239094,50</b>		<b>1439,30</b>	<b>237655,20</b>
На н/ящик	236727,46	0,6000	1420,36	235307,10
На плоску сортувал.	2367,04	0,8000	18,94	2348,10
<b>Пішло (всього)</b>	<b>239094,50</b>		<b>1439,30</b>	<b>237655,20</b>

### Басейн смоктунових та підсіткових вод



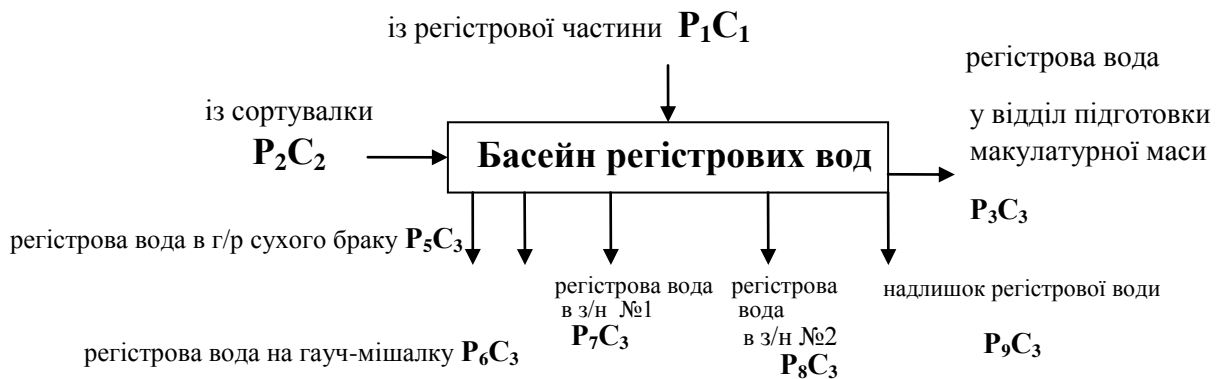
$$C_3 = 0,0637 \%$$

### Сортувалка



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З бас.смоктунових і підс.вод	850,00	0,0637	0,54	849,46
Після селективфайера	2367,04	0,8000	18,94	2348,10
<b>Надійшло(всього)</b>	<b>3217,04</b>		<b>19,48</b>	<b>3197,56</b>
В бас.реєстр.вод	3211,88	0,6000	19,27	3192,61
Відходи	5,15	4,0000	0,21	4,95
<b>Пішло (всього)</b>	<b>3217,04</b>		<b>19,48</b>	<b>3197,56</b>

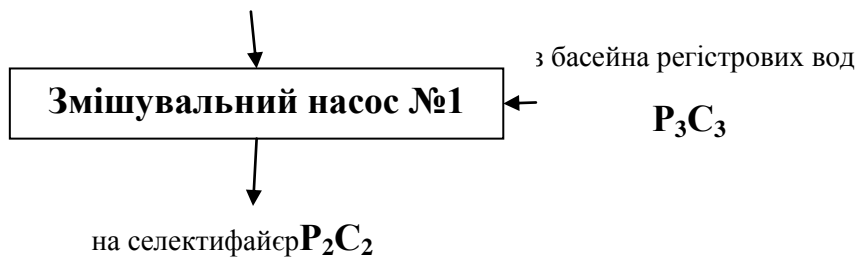
### Басейн реєстрових вод



Частка волокна в басейні реєстрових вод = 0,1912%

### Змішувальний насос №1

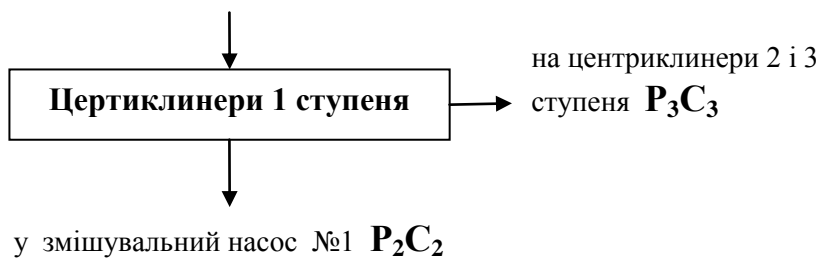
від центриклинерів 1 ступеня  $P_1C_1$



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Регістова вода	46065,28	0,1912	88,10	45977,18
Після центрикл. Іст.	193029,22	0,7000	1351,20	191678,01
<b>Надійшло(всього)</b>	<b>239094,50</b>		<b>1439,30</b>	<b>237655,20</b>
На селективайер	239094,50	0,6020	1439,30	237655,20
<b>Пішло (всього)</b>	<b>239094,50</b>		<b>1439,30</b>	<b>237655,20</b>

### Центриклинери I ступеня

із змішувального насоса №2  $P_1C_1$



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після зміш.насоса №2	205525,15	0,7304	1501,16	204023,99
<b>Надійшло(всього)</b>	<b>205525,15</b>		<b>1501,16</b>	<b>204023,99</b>
На змішув.насос №1	193029,22	0,7000	1351,20	191678,01
На центрикл. II і III ст.	12495,93	1,2000	149,95	12345,98
<b>Пішло (всього)</b>	<b>205525,15</b>		<b>1501,16</b>	<b>204023,99</b>

### Центриклинери I і II ступеня





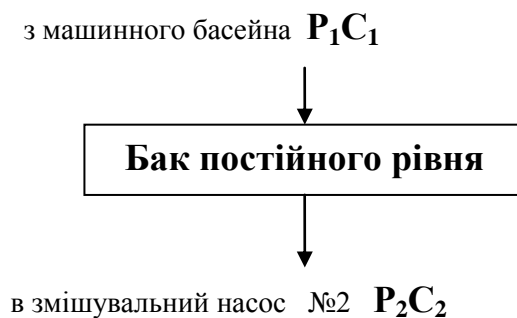
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після центрик. І ст.	12495,93	1,2000	149,95	12345,98
З бас.сосун.і підс.вод	29601,84	0,0637	18,84	29582,99
<b>Надійшло(всього)</b>	<b>42097,77</b>		<b>168,80</b>	<b>41928,97</b>
В змішув.насос №2	41947,77	0,4000	167,79	41779,98
Відходи у відвал	150,00	0,6700	1,01	149,00
<b>Пішло (всього)</b>	<b>42097,77</b>		<b>168,80</b>	<b>41928,97</b>

### Змішувальний насос № 2



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Регістова вода	132733,94	0,1912	253,84	132480,09
Від центриклин. ІІ ст.	41947,77	0,4000	167,79	41779,98
З БПР	30843,44	3,5000	1079,52	29763,92
<b>Надійшло(всього)</b>	<b>205525,15</b>		<b>1501,16</b>	<b>204023,99</b>
На центрик. І ст.	205525,15	0,7304	1501,16	204023,99
<b>Пішло (всього)</b>	<b>205525,15</b>		<b>1501,16</b>	<b>204023,99</b>

### Бак постійного рівня

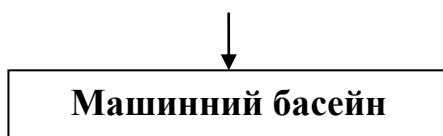


В баці постійного рівня не змінюється концентрація маси, приймаємо:

$P_1 = 30843,44$  кг;  $C_1 = 3,5$  %.

### Машинний басейн

з композиційного басейна  $P_1C_1$



в бак постійного рівня  $P_2C_2$

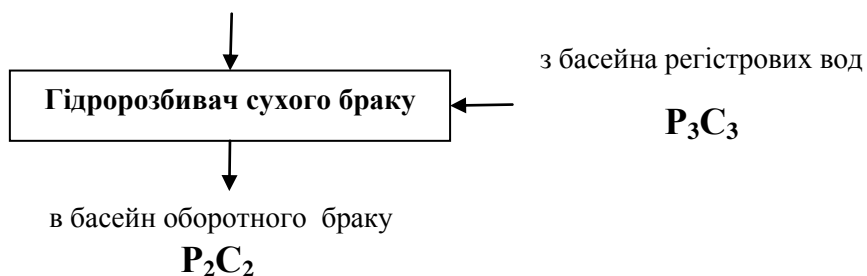
В машинному басейні не змінюється концентрація маси, приймаємо:

$P_1 = 30843,44$  кг;  $C_1 = 3,5$  %.

**Розрахунок блоків перероблення сухого та мокрого браку.**

*Гідророзбивач сухого браку*

відходи з ПРВ, сушильної частини, накату  $P_1C_1$



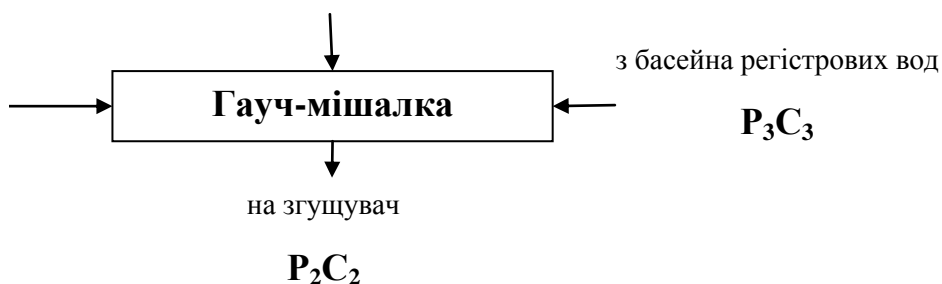
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
3 ПРС	10,00	95,00	9,50	0,50
3 накату	10,00	95,00	9,50	0,50
3 сушіння	20,00	95,00	19,00	1,00
3 бас-ну рег.вод	1106,16	0,1912	2,12	1104,04
<b>Надійшло(всього)</b>	<b>1146,16</b>		<b>40,12</b>	<b>1106,04</b>
В басейн обор.браку	1146,16	3,5000	40,12	1106,04
<b>Пішло (всього)</b>	<b>1146,16</b>		<b>40,12</b>	<b>1106,04</b>

*Гауч-мішалка*

відходи з пресової частини  $P_1C_1$

відходи від

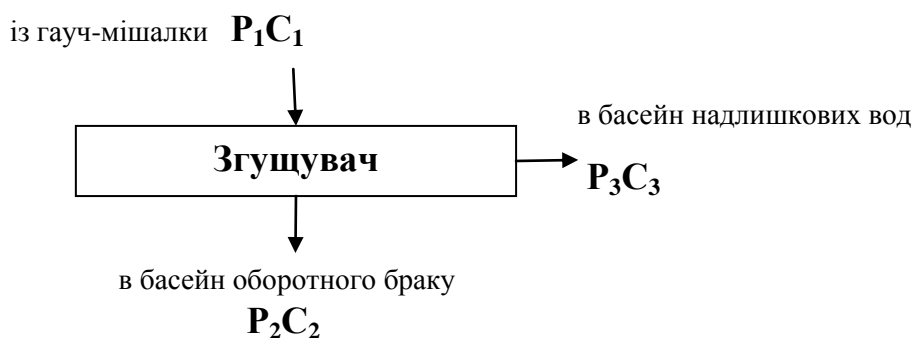
гауч-вала  $P_4C_4$



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
--------------	----------	-----------------	-------------	----------

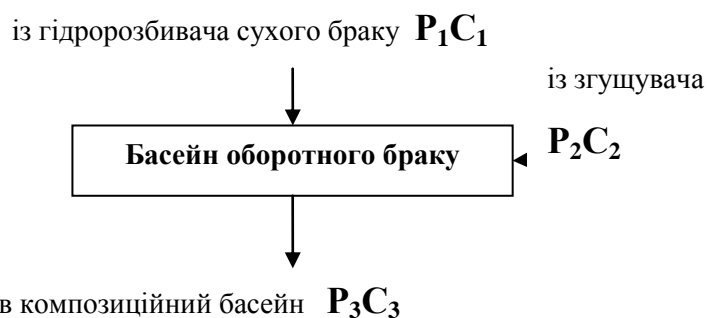
3 пресової частини	15,00	42,00	6,30	8,70
3 гауч-вала	15,00	20,00	3,00	12,00
3 бас-ну рег.вод	1488,28	0,1912	2,85	1485,43
<b>Надійшло(всього)</b>	<b>1518,28</b>		<b>12,15</b>	<b>1506,13</b>
На згущ.мокрого браку	1518,28	0,8000	12,15	1506,13
<b>Пішло (всього)</b>	<b>1518,28</b>		<b>12,15</b>	<b>1506,13</b>

### Згушувач



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Після зміш.мокр.браку	1518,28	0,8000	12,15	1506,13
<b>Надійшло(всього)</b>	<b>1518,28</b>		<b>12,15</b>	<b>1506,13</b>
В басейн обор.браку	333,49	3,5000	11,67	321,82
В басейн надл.вод	1184,78	0,0400	0,47	1184,31
<b>Пішло (всього)</b>	<b>1518,28</b>		<b>12,15</b>	<b>1506,13</b>

### Басейн оборотного браку



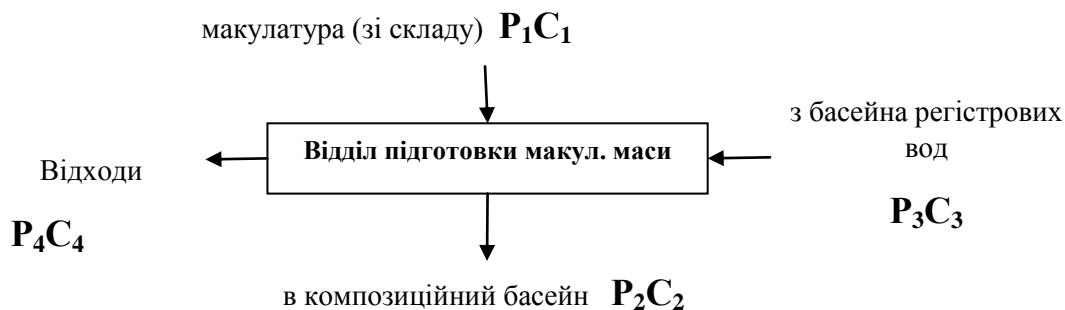
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
3 г/розбив.сух.браку	1146,16	3,50	40,12	1106,04
Зі зміш.мокрого браку	333,49	3,50	11,67	321,82
<b>Надійшло(всього)</b>	<b>1479,65</b>		<b>51,79</b>	<b>1427,86</b>
В композиц.басейн	1479,65	3,50	51,79	1427,86
<b>Пішло (всього)</b>	<b>1479,65</b>		<b>51,79</b>	<b>1427,86</b>

### Композиційний басейн



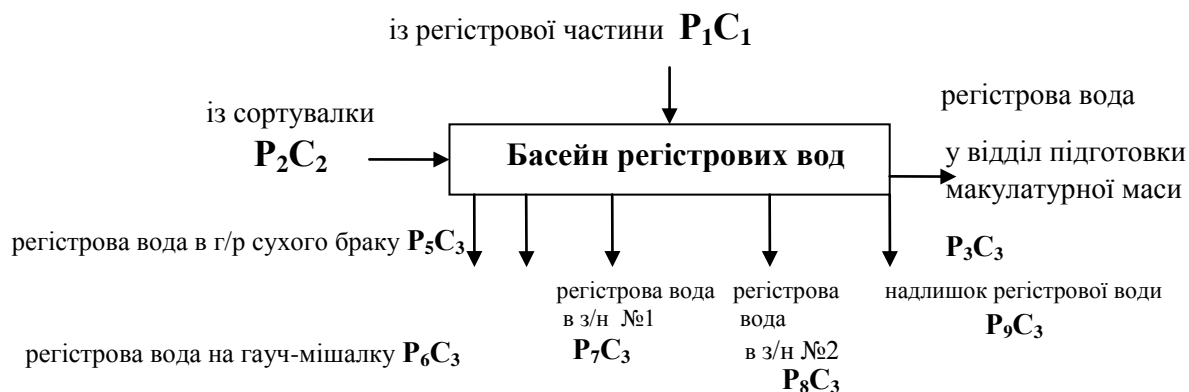
Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Із г/розбив.макулатури	28847,09	3,5000	1009,65	27837,44
	0,00	3,5000	0,00	0,00
Із басейна обіг.браку	1479,65	3,5000	51,79	1427,86
Скоп з диск.фільтра	516,70	3,5000	18,08	498,62
<b>Надійшло(всього)</b>	<b>30843,45</b>		<b>1079,52</b>	<b>29763,92</b>
В машинний басейн	30843,44	3,5000	1079,52	29763,92
<b>Пішло (всього)</b>	<b>30843,44</b>		<b>1079,52</b>	<b>29763,92</b>

#### Відділ підготовки макулатурної маси

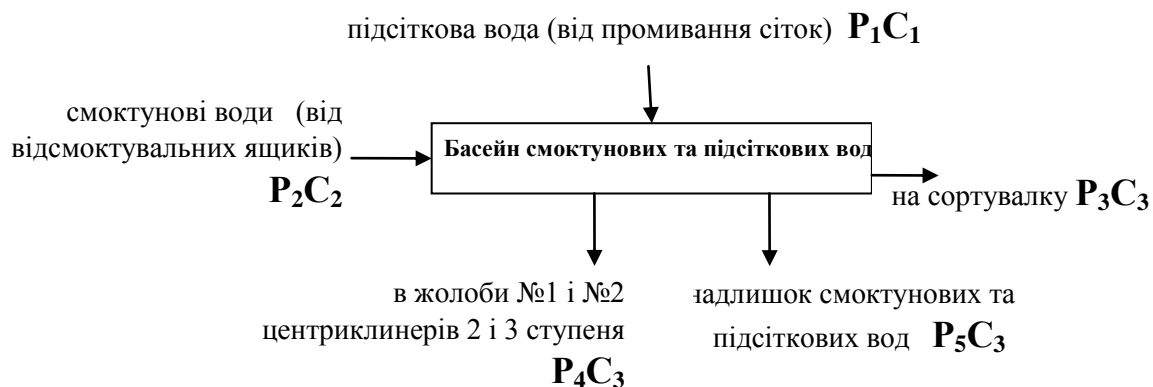


Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Макулатура зі складу	1158,88	88,00	1019,81	139,07
Вода з бас.рег.вод	29000,76	0,1912	55,46	28945,29
<b>Надійшло(всього)</b>	<b>30159,64</b>		<b>1075,28</b>	<b>29084,36</b>
Відходи сортув. та очищ.	1312,54	5,00	65,63	1246,92
В композиційний бас.	28847,09	3,50	1009,65	27837,44
<b>Пішло (всього)</b>	<b>30159,64</b>		<b>1075,28</b>	<b>29084,36</b>

#### Басейн реєстрових вод



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З реєстрової частини	210302,73	0,1850	389,06	209913,67
Від плоск.сортув.	3211,88	0,6000	19,27	3192,61
<b>Надійшло(всього)</b>	<b>213514,61</b>		<b>408,33</b>	<b>213106,28</b>
На зм.насос №1	46065,28	0,1912	88,10	45977,18
На зм.насос №2	132733,94	0,1912	253,84	132480,09
У відділ підгот.макул.маси	29000,76	0,1912	55,46	28945,29
На г/розб.сухого браку	1106,16	0,1912	2,12	1104,04
На зміш.мокр.браку	1488,28	0,1912	2,85	1485,43

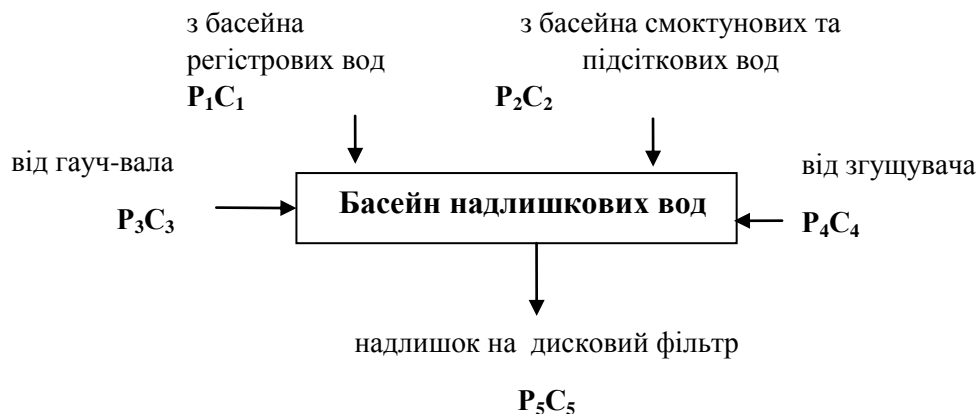


#### Басейн смоктунових та підсіткових вод

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
Від відсмоктув.ящиків	30373,54	0,1000	30,37	30343,17
Від промив.сітки	18500,00	0,0040	0,74	18499,26
<b>Надійшло(всього)</b>	<b>48873,54</b>		<b>31,11</b>	<b>48842,43</b>
На сортувалку	850,00	0,0637	0,54	849,46
В жолоб №1 і №2	29601,84	0,0637	18,84	29582,99

В басейн надлишк.вод	18421,70	0,0637	11,73	18409,98
<b>Пішло (всього)</b>	<b>48873,54</b>		<b>31,11</b>	<b>48842,43</b>

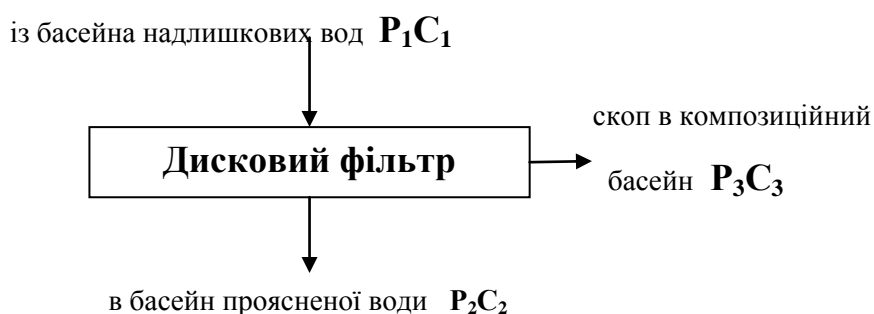
### Басейн надлишкових вод



Отже, середньозважена масова частка волокна в басейні надлишкових вод =  $17,36 \cdot 100 / 26859,41 = 0,067\%$ .

Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З басейну рег.вод	3120,20	0,1912	5,97	3114,23
З басейну смокт. та підс. вод	18421,70	0,0637	11,73	18409,98
Від гауч-вала	4651,17	0,0040	0,19	4650,98
Від сгущ.мокр.браку	1184,78	0,0400	0,47	1184,31
<b>Надійшло(всього)</b>	<b>27377,86</b>		<b>18,35</b>	<b>27359,50</b>
На дисковий фільтр	27377,86	0,0670	18,35	27359,50

### Дисковий фільтр



Найменування	Маса, кг	Концентрація, %	Волокно, кг	Вода, кг
З басейну надл.вод	27377,86	0,0670	18,35	27359,50
<b>Надійшло(всього)</b>	<b>27377,86</b>		<b>18,35</b>	<b>27359,50</b>
В композиц.басейн	516,74	3,50	18,09	498,66
В басейн освітл.вод	26861,11	0,0010	0,27	26860,84
<b>Пішло (всього)</b>	<b>27377,86</b>		<b>18,35</b>	<b>27359,50</b>

2.3.3 Результати зведеного балансу води і волокна наведено в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 - Результати зведеного балансу води і волокна

<b>Таблиця зведеного балансу води і волокна</b>		
<b>Волокно (абс.сух.),кг</b>	<b>Надходження</b>	<b>Витрата</b>
Макулатура	1019,81	
<b>Всього:</b>	<b>1019,81</b>	
Готова продукція		950,00
Відходи центриклинерів III ст.		1,01
З пресовими водами		2,62
Промивка сукон		0,09
На очисні споруди		0,27
Відходи сортувалки		0,21
Відходи відділу підгот.маси		65,63
	<b>Всього:</b>	<b>1019,81</b>
<b>Вода, кг</b>	<b>Надходження</b>	<b>Витрата</b>
З макулатурою	139,07	
Свіжа вода на промивання сіток	18500,00	
Свіжа вода на відсічки відсм.ящиків	10 200,00	
Свіжа вода на промив. сукна	8 750,00	
Свіжа вода на відсічки в гаучі	3 400,00	
<b>Всього:</b>	<b>40 989,07</b>	
З готовою продукцією		50,00
З парою при сушінні		1312,38
З відходами центр. III ст.		149,00
З пресовими водами		2615,03
Промивка сукон		8749,91
На очисні споруди		26860,84
З відходами сортувалки		4,95
З відходами відділу підгот.маси		1246,92

Для розрахунку безповоротних втрат волокна потрібно врахувати всі його втрати для даного виробництва. В даному випадку вони становлять:

$$1019,81 - 950,0 = 69,81 \text{ кг.}$$

В такому випадку вимої волокна ( $BB$ ) становлять:  $BB = \frac{69,81 \times 100}{1019,81} = 6,8 \%$ .

## 2.4 Вибір і розрахунок основного технологічного обладнання

Основним виробничим вузлом при виробництві флютінгу є папероробна машинапоставки **Millsboro**, яка була спочатку пущена в експлуатацію в 1960-х роках в Англії. Машина була перевезена і заново пущена в експлуатацію на Рубіжанському КТК в 2003р. Модернізація машини була проведена фірмою PMP Poland в 2006р [18].

Обрізна ширина складає 2500 мм, продуктивністю 220 т/добу та швидкістю за приводом – 550 м/хв [11].

$$Q = 0,06 \cdot B_0 \cdot V \cdot g \cdot 0,96 \cdot 0,9;$$

$$Q_{\text{год}} = 0,06 \cdot 2,500 \cdot 550 \cdot 0,125 \cdot 0,98 \cdot 0,98 = 9904,13 \text{ кг/ год};$$

$$Q_{\text{доб}} = 9904,13 \cdot 22,5 = 222842,93 \text{ кг/доб};$$

$$Q_{\text{річ}} = 222842,93 \cdot 345 = 76880810 \text{ кг/рік};$$

$$Q_{\text{річ}} = 76 \text{ тис. т/рік.}$$

Річна потужність ПРМ при повному форматі становитиме близько 75000 т/рік.

### 2.4.1 Папероробна машина

#### *Папероробна машина [11]*

Технічна характеристика:

Тип паперу.....папір для гофрування, тестлайнер (80-150 г/м<sup>2</sup>)

Ширина паперового полотна:

– на накаті, мм.....2550

– обрізна, мм.....2500

Ширина полотна перед пресами, мм.....2660

Проектна швидкість машини, м/хв.....650

Машина.....правостороння

Довжина сіткового столу, мм.....19300



Гідродинамічний напірний ящик РМР Poland [11] з системою регулювання поперечного профілю локальною зміною концентрації маси (39 клапанів). Ширина напускання маси – 2820 мм, межі регулювання щілини 6–76 мм.

Сітковий стіл укомплектований грудною дошкою, гравітаційним фойловим ящиком, сімома мокрими та шістьма сухими відсмоктувальними ящиками, відсмоктувальним гауч-валом. На зворотньому боці сітки знаходяться елементи сіткотягового механізму (сітководучі, сіткоправильні та сітконатажні валики) [11].

### ***Пресова частина [11]***

Складається з 2 пресів:

1-й комбіпрес має два синтетичних сукна і складається з трьох валів: центральний – відсмоктуючий,  $d = 1006$  мм, має дві зони зневоднювання, нижній вал – з глухою перфорацією, верхній – гладкий,  $d = 640$  мм.

3-й (башмачний) прес складається з верхнього гладкого валу ( $d = 1303$  мм) і башмачного модуля, на якому обертається поліуретановий бланкет.

Для очищення пресових сукон встановлено по дві щілинні сукномийки з розмірами щілин 15 мм.

### ***Сушильна частина [11]***

Сушильна частина машини – двоярусна, циліндрова, кількість циліндрів 49.

Сушильна частина ділиться на 5 груп по приводу (№ цил.1–11, 12–19, 20–27, 28–37, 38–49) і 8 груп по пару. Клеїльний прес ділить сушильну частину на попередню ( $d$  цил = 1525 мм, окрім 1 (першого)  $d=1250$  мм) та досушуючу ( $d$  цил = 1830 мм).

Температурний режим сушіння:

I група по пару: 110 – 120 °C

II група по пару: 100 – 110 °C

III група по пару: 95 – 100 °C

IV група по пару: 80 – 90 °C

V група по пару: 100 – 120 °C

VI група по пару: 100 – 120 °C

VII група по пару: 100 – 120 °C

VII група по пару: 80 – 90 °C

VIII група по пару: 80 – 90 °C

Підведення пару здійснюється зі сторони привода. Таке розділення на групи передбачено для поступового підйому температури робочої поверхні сушильних циліндрів (III, VI, VII, VIII груп по пару), використання парів кипіння після I, II, V та VI груп, регулювання вологості паперового полотна і усунення короблення [5].

### ***Накат*** [11]

Проектна швидкість, м/хв.....	900
Обрізна ширина полотна, мм.....	2500
Максимальний діаметр рулона, мм.....	3000
Циліндр накату, мм.....	1 шт., d = 914
Тамбурні вали, мм.....	5 шт., d = 370, покриті гумою

### ***PPC (ф. «Servall»)*** [11]

Максимальна швидкість, м/хв.....	1500
Двигун (секція розмотки), кВт.....	252
Двигун (несучі вали), кВт.....	148
Кількість обертів, об/хв.....	1000
Продуктивність, т/добу.....	400

### ***Клейльний прес*** [11]

Лінійне навантаження, кН/м.....	20-30
Тиск притиску валів кПа.....	150-250

### ***Гідророзбивач переробки сухого браку (PMP Poland)*** [11]

Гідророзбивач призначений для безперервного розпускання сухого браку паперової машини [3].

Матеріал.....	нержавіюча сталь
---------------	------------------

Об'єм, м <sup>3</sup> .....	25
Потужність д. переміш. пристрою, кВт.....	190
Кількість обертів, об/хв.....	1000

***Гідророзбивач браку під клеїльним пресом (з-д Артема, Дніпропетровськ) [11]***

Матеріал.....	нержавіюча сталь
Об'єм ванни, м <sup>3</sup> .....	25
Потужність д. переміш. пристрою, кВт.....	190
Кількість обертів, об/хв.....	1000

***Гауч-мішалка (ф. «Sorasa» Іспанія) [11]***

Матеріал.....	залізобетон
Об'єм ванни м <sup>3</sup> .....	20
Потужність д. переміш. пристрою, кВт.....	55
Кількість обертів, об/хв.....	1000

***Басейн браку [11]***

Матеріал.....	біметал
Об'єм ванни м <sup>3</sup> .....	600
Діаметр, мм.....	8500
Висота, мм.....	10000
Потужність д. переміш. пристрою, кВт.....	90
Кількість обертів, об/хв.....	1000

***Згущувач браку СШ-25-01 [11]***

Згущувач шаберний призначений для згущення макулатурної маси від концентрації 0,5–1,0 % до 4,0–6,0 %.

Продуктивність, т/добу по .....	30–50
Довжина циліндра, мм.....	4000
Діаметр циліндра, мм.....	2000
Діаметр шаберного вала, мм.....	665

Потужність двигуна, кВт.....	15
Габаритні розміри, мм.....	5850x2970x3100
Маса, кг.....	11500

#### ***Басейн обігового браку [11]***

Матеріал.....	біметал
Об'єм ванни, м <sup>3</sup> .....	65
Діаметр, мм.....	5300

#### ***Збірник підсіткових вод[11]***

Матеріал.....	сталь 08х.22Н6Т
Об'єм, м <sup>3</sup> .....	35
Діаметр, мм .....	5200
Висота, мм.....	1700

#### ***Бак постійного рівня (Англія) [11]***

Матеріал.....	сталь 08Х22Н6Т
Розміри .....	1700х750х1200 мм

### **2.4.2 Потік підготовки маси**

#### ***Стрічковий транспортер [11]***

Транспортер використовується для подачі макулатури у гідророзбивач

Швидкість транспортування, м/с.....0,15

#### ***Система «SimplyOne» (Фінляндія).***

#### ***Вузол розпуску та попереднього очищення [11]***

Продуктивність, т/добу.....	300
Діаметр, мм.....	3820
Довжина, мм.....	18000
Об'єм, м <sup>3</sup> .....	55
Загальна потужність, кВт.....	549

Кількість гідророзбивачів:

$$\frac{P_{\text{доб.}}}{P_{\text{доб. ГРВ}}} = \frac{220 \text{ т/добу}}{300 \text{ т/добу}} = 0,73 \approx 1 \text{ гідророзбивач.}$$

**Приймальний басейн [11]**

Діаметр, мм.....	7000
Висота, мм.....	5500
Об'єм, м³.....	55

**Сортувалка OptiScreen CS-90-VLF [11]**

Продуктивність, т/добу а.с.р.....	250
Площа сита загальна/відкрита, м² %.....	0,9/15
Діаметр отворів сита, мм.....	2,0

**Сортувалка вібраційна CB-02 [11]**

Продуктивність, т/добу.....	45–60
Концентрація поступаючої маси, %.....	4–15
Площа сита, м³.....	1,2
Діаметр отворів, мм.....	3

**Млин конічний OptiFinerRF-04 [11]**

Розмелювання волокнистого матеріалу проводять при концентрації маси 4,5 %. Схемою передбачено використання 1 млина.

Діаметр дисків, мм.....	800
Частота обертання, об/хв.....	850

Потужність двигуна, кВт.....800

Продуктивність, т/добу.....250-300

$$\Delta \text{ } ^\circ \text{ШР} = \frac{\Delta \text{ } ^\circ \text{ШР}_{\text{кінцеве}} - \Delta \text{ } ^\circ \text{ШР}_{\text{початкове}}}{8} = \frac{42 - 35}{8} = 0,8 \approx 1 \text{ млн.}$$

**Машинний басейн [11]**

Виготовлений зі сталі 08Х22Н6Т, обладнаний перемішуючим пристроєм.

Об'єм ванни, м <sup>3</sup> .....	25
Діаметр, мм.....	2800
Потужність двигуна переміш. пристрою, кВт.....	17

**Установка вихрових конічних очисників УВК-180-02[11]**

Продуктивність по п.в.с, т/добу.....	310
Концентрація очищуваної маси, %.....	до 1
Пропускна здатність, л/хв.....	500
Діаметр, мм.....	190
Отвір насадки, мм.....	24

Кількість очисників по ступеням:

I ст. – 38 шт.

II ст. – 11 шт.

III ст. – 2 шт.

**Машинна сортувалка LS-1300 [11]**

В якості машинної сортувалки використовується напірна сортувалка маси з щілинними отворами.

Матеріал.....	легована сталь
Пропускна здатність, л/хв.....	25000
Діаметр, мм.....	160
Розмір щілин, мм.....	0,2
Потужність електропривода, кВт.....	110
Частота обертання, кВт.....	980

**Вібросортувалка TS-1000L [11]**

Потужність електропривода, кВт.....	3,7
Площа сита, м <sup>2</sup> .....	1,8
Діаметр отворів, мм.....	2,0
Амплітуда коливань, мм.....	2–3
Маса, кг.....	2650

## 2.5 Розрахунок теплового балансу

Розрахунок контактного сушіння паперу	
<b>Вихідні дані</b>	
Продуктивність, кг / год	$G = 12247,2$
Початкова вологість матеріалу, %	$W_1 = 58$
Кінцева вологість матеріалу, %	$W_2 = 5$
Початкова температура матеріалу, °C	$t_1 = 20$
Початкова температура повітря, °C	$\theta_1 = 15$
Початкова вологість повітря	$F_1 = 0,4$
Кінцева температура повітря, °C	$\theta_4 = 60$
Кінцева вологість повітря	$F_2 = 0,84$
Температура повітря після теплообмінників, °C	$\theta_2 = 30$
Температура пари, що гріє, °C	$\theta_{\text{пар}} = 133$
Тепловий баланс сушки	
<b>Стаття приходу / витрати тепла</b>	<b>Кдж/год.</b>
<b>Прихід тепла</b>	
1. З парою, яка поступає в сушильні циліндри	29860249,56
2. З парою, яка поступає в калорифер	2036108,39
3. Тепло використане в теплообміннику	1319886,513
<b>Всього</b>	<b>33216244,46</b>
<b>Витрата тепла</b>	
1. На підігрів матеріалу	2435627,033
2. На сушку в 2-м, 3-м періодах	26573876,49
3. На втрати в навколишнє середовище	247081,3966

4. На втрати з невикористаним повітрям	131988,6513
5. На підігрів повітря в теплообмінників	1319886,513
6. На втрати з йдуть повітрям	2507784,374
<b>Всього</b>	<b>33216244,46</b>
<b><i>Результати розрахунку</i></b>	
Витрата пари в сушильній частині, кг / год	$D_1 = 13601,3417$
Витрата пари в калориферах, кг / год	$D_2 = 927,4472373$
Загальна витрата пара, кг / год	$D = 14528,78894$
Витрата пари на 1 кг матеріалу, кг / год	$D_{yd} = 1,664904479$
Кількість повітря, що подається в сушку, кг / год	$L = 87467,52355$
Кількість свіжого повітря, кг / год	$L_9 = 96214,27591$
Поверхня теплопередачі для підігріву сушки, $m^2$	$F_1 = 29,93090055$
Поверхня теплопередачі для сушіння, $m^2$	$F_{2,3} = 406,6218508$
Загальна поверхня теплопередачі, $m^2$	$F = 436,5527514$
Температура повітря на вході в суш. частини, $^{\circ}C$	$\theta_3 = 53,13958477$
Температура матеріалу при сушці з пост. скор., $^{\circ}C$	$t_2 = 60$
Сер. температура матеріалу під періодах 2,3, $^{\circ}C$	$t_4 = 78,9$
Сер. температура матеріалу, $^{\circ}C$	$t_5 = 40$
Температура матеріалу після сушіння, $^{\circ}C$	$t_3 = 113,55$



## **3 ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНЕ ТА КОНСТРУКТИВНЕ РІШЕННЯ БУДІВЛІ**

### **3.1 Об'ємно – планувальне вирішення будівлі цеху**

Під будівництво ПрАТ «Рубіжанський КТК» виділено декілька майданчиків у межах міста для [18]:

1. Основного виробництва
2. Депо
3. Очисних споруд
4. Водозабірних споруд
5. Житлового будівництва.

Місце розташування промислового майданчика визначено загальним плануванням міста на східній його околиці, в кінці вулиць Менделєєва та Миру [18].

Найближча залізнична станція «Рубіжне» знаходиться за 3 км від комбінату, найближчим автомобільним зв'язком є об'їздний автошлях, що входить в загальну мережу міських доріг [18].

Кордонами виділеної ділянки є:

- з півночі – територія, зайнята лісонасадженнями, повітряними лініями електропередач, газопроводом Северодонецьк–Чер. Попівка [18];
- з півдня – міська трансформаторна підстанція;
- з заходу – автошлях Северодонецьк – Рубіжне – Старобільськ;
- зі сходу – вироблені кар'єри.

В геоморфологічному відношенні рель'єф майданчика нерівний.

Вся територія майданчика не закріплена рослинністю, іноді зустрічається рідкий чагарник.

Клімат району континентальний. Середня температура повітря з травня по вересень – вище 15°C. Середня температура найтеплішого місяця +22°C, найхолоднішого –7°C. Протягом року випадає 487 мм осадів. Переважаючий вітер влітку – південно-західний, взимку – східний, швидкість – 5,5 м/с.

На території пром. майданчика до глибини 21 м ґрунтові води не виявлено. Глибина промерзання ґрунту – 1,2 м.

Об'ємно-планувальні рішення розроблені з врахуванням наступних принципів [18]:

1. Планування і розміщення виробничих і складських приміщень зумовлені організацією технологічного процесу шляхом зонування, що забезпечує створення приміщень з однорідним виробничим середовищем;

2. Основні виробничі та підсобно-виробничі приміщення скомпоновані за принципом єдиного збільшеного простору з мінімальною кількістю вбудованих приміщень

3. Впорядковане розміщення комунікацій.

Приміщення папероробного цеху двоповерхове, спирається на 22 колони [18]. Крок колон в залі ПРМ, як і в інших багатоповерхових будівлях, становить 6 м, прольот – також 6 м. Довжина будівлі становить 132 м, ширина 24 м. Приміщення цеху розділено двома температурними швами.

Висота виробничих та складських приміщень зумовлена габаритами технологічного обладнання, умовами його експлуатації. Висоти основних виробничих та складських приміщень прийняті: в залі ПРМ 20,8 м, ЦМП 16,2 м, в цеху розпускання 10,8 м, в приміщеннях гофроагрегатів та переробки гофрокартону, в складах напівфабрикатів та готової продукції 6 м [18].

Всі виробничі приміщення опалюються; складські приміщення, окрім складу хімікатів та одягу машини, не опалюються.

Колони всіх цехів виконані з високоякісного залізобетону, під які передбачено монолітний стовпчатий фундамент. Розміри нижньої плити фундаменту: ширина 3 м, довжина 4 м; глибина залягання – 1,5 м. Перекриття виконані із збірних залізобетонних плит по балкам підвищеної надійності.

У відповідності з СНиП II №272 будівля має два евакуаційні виходи, не враховуючи воріт на складі готової продукції. Двері відкриваються назовні, ширина 1,06 м [18].

В залі ПРМ є два приміщення – пультова АСУТП та лабораторія ЦВП. В цеху є чотири монтажні отвори – один знаходиться на відмітці +7.200 м, інші три – на відмітці + 3.300 м

### 3.2 Конструктивне рішення будівлі цеху

#### Побутові приміщення

Розрахунки кількості та розмірів побутових приміщень зведені в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахункова кількість осіб на одиницю обладнання

№	Приміщення, обладнання	Кі-ть прац	Норми на од обл		Потрібно	
			чол.	м²	од.обл.	м²
Побутові приміщення для чоловіків						
1	Гардеробні приміщення:					
	– для вуличного одягу, шафи	85	1	1	85	85
	– для робочого одягу	85	1	1	85	85
2	Душові приміщення, душові сітки	20	3	5	7	35
3	Вмивальні приміщення, вмивальники	20	20	1,5	1	1,5
4	Уборні, унітази	20	15	4	2	8
Побутові приміщення для жінок						
5	Гардеробні приміщення:					
	– для вуличного одягу, шафи	12	1	1	12	12
	– для робочого одягу	12	1	1	12	12
6	Душові приміщення, душові сітки	4	3	5	2	6
7	Вмивальні приміщення, вмивальники	4	20	1,5	1	1,5
8	Уборні, унітази	4	15	4	1	4
Всього:						250

## 4 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ НА ВИРОБНИЦТВІ

### 4.1 Фізико-хімічні і санітарно-гігієнічні характеристики шкідливих, вибухо-, пожежонебезпечних речовин

Охорона життя і здоров'я громадян в процесі їх трудової діяльності, створення безпечних умов праці — одне з найважливіших державних завдань. Успішне вирішення цього завдання значною мірою залежить від підготовки фахівців всіх освітньо-кваліфікаційних рівнів з питань охорони праці [12].

Під час експлуатації обладнання технологічної лінії на обслуговий персонал можуть діяти небезпечні та шкідливі виробничі фактори [12]:

- машини та механізми, що рухаються;
- незагороджені елементи устаткування, що рухаються та обертаються;
- підвищена температура поверхні обладнання (в сушильній частині машини);
- небезпечний рівень напруги в електричній мережі;
- підвищена або знижена температура і відносна вологість повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень пилу в повітрі робочої зони;
- підвищений рівень статичної електрики;
- важкість та напруженість праці;
- перебування робітника в зоні можливого падіння вантажу (під час роботи крана)

[12].

Сучасний розвиток науки і техніки приносить принципові нововведення у всі сфери матеріального виробництва, що істотно міняє технологічні процеси та використовувані матеріали [12]. У свою чергу зміни технології й устаткування приводять до трансформації умов праці і трудового процесу в цілому. Тому в процесі розробки нової техніки необхідно провести науковий аналіз можливих небезпечних виробничих чинників та розробити способи, які мінімізують їх несприятливий вплив на працівників [12].

У даному розділі дана оцінка умов праці робочих папероробного цеху, на підставі чого розроблені заходи направлені на забезпечення здорових і безпечних умов праці, пожежної і екологічної безпеки [12].

## 4.2 Виробниче освітлення

У проектуваному цеху передбачено природне, штучне та суміщене освітлення. Природне освітлення однобічне, та здійснюється в денний час доби через вікна цеху.

По характеристиці зорової роботи підприємство, в якому проводиться спостереження за ходом виробничого процесу відноситься до IV розряду (середньої точності)[12].

Виробництво безперервне, саме тому передбачено штучне освітлення в нічний час доби. Аварійне та евакуаційне.

Ввечері та протягом ночі використовують такі види світильників як люмінесцентні лампи та лампи розжарювання.

Для системи електричного освітлення підібрані пиловологонепроникні світильники ПВЛ-6, люмінесцентні лампи потужністю 40 Вт, кількістю -50 шт. Також встановлені ртутні лампи високого тиску ДРЛ-400 кількістю – 38 шт. Для рівномірного світлорозсіювання, стіни розфарбовані у світлі тонна згідно СНиП 181-70[12].

Норма освітленості (СНиП II-4-79) на ділянках має складати:

- розпуск целюлози, розмелювання	- 75
- мокра частина ПРМ	- 75
- сушильна частина ПРМ	- 180
- накат ПРМ	- 150
- ділянка різання паперу	- 200

## 4.3 Пожежна безпека

Сировина, проміжні та готові продукти не є вибухонебезпечними та токсичними. Враховуючи те, що під час виробництва використовується велика кількість горючих матеріалів, пожежі можуть виникати на сушильній частині, в районі ПРВ, на складах

макулатури та готової продукції [12].

В цілях протипожежної безпеки на підприємстві систематично видаляється пил з пресової частини ПРМ, своєчасно забирається паперовий брак, змащувальні матеріали зберігаються в металічних ящиках у відведених місцях, палити дозволяється в спеціально відведених місцях.

В разі виникнення пожежі необхідно вимкнути вентиляцію, а швидкість машини понизити до мінімальної. Зупинити машину слід по особливому розпорядженню. Також при первинній пожежній небезпеці повинні бути здійснені первинні заходи пожежогасіння. Вони призначені для ліквідації невеликих осередків загоряння, а також для гасіння пожеж в початковій стадії їх розвитку силами персоналу об'єкту до прибуття штатних підрозділів пожежної охорони.

До первинних методів пожежогасіння відноситься: вогнегасники, пожежний інвентар (бочки з водою, пожежні відра, ящики з піском, совкові лопати, протипожежні ковдри) і пожежний інструмент (ломи, сокири і т. п.) [12].

Вогнегасники і пожежний інвентар забарвлені в червоний колір, а бочки з водою і ящики з піском також мають відповідні написи білою фарбою. Пожежний інструмент фарбується в чорний колір [12].

Бочки для зберігання води з метою пожежогасіння встановлюються у виробничому приміщенні. Такі бочки повинні бути укомплектовані пожежним відром місткістю не менше 8 л.

Ящики для піску мають місткість 0,5, 1,0 або 3,0 м<sup>3</sup> і повинні бути укомплектовані совковою лопатою.

Протипожежні ковдри, виготовлені з негорючого теплоізоляційного полотна, грубо шерстної тканини, повинні мати розмір не менше 2х1 м і 2х2 м [12].

Пожежна безпека пресової частини відповідає вимогам нормативних актів.

#### **4.4 Шум і вібрація**

Під час виробничого циклу на робочих місцях, дільницях та на території всього підприємства виникають шум та вібрація. Характеристики цих механічних впливів

містяться в ДСН 3.3.6.037–99 та ДСН 3.3.6.039–99. Шум і вібрації здійснюють шкідливий вплив на організм людини та її нервову систему, може з'являтися безсоння, відбуватись зниження працездатності, порушуватись слух [12].

Джерелами шуму та вібрацій є рухомі частини машини, приводи, крани, насоси, вентилятори, дискові млини та інше обладнання.

Рівень шуму в цеху не повинен перевищувати 75 дБА [12]. Контроль за рівнем шуму проводиться 1 раз на рік за допомогою шумоміра ВШВ-003.

Для захисту працівників від шуму та вібрацій передбачено ряд заходів:

1. Встановлення звукоізоляційних кабін для робітників в залах ПРМ та РПВ.
2. Винесення шумного та вібруючого обладнання в окреме приміщення.
3. Ізолювання джерел шуму та вібрацій, звуко- та вібропоглинання.
4. Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту згідно ГОСТ 12.4.001–75 ССБТ.

#### 4.5 Електробезпека

Всі процеси на виробництві пов'язані з використанням електрообладнання і виробничі приміщення відносяться до зон з підвищеною небезпекою згідно ПУЕ, оскільки присутні такі умови небезпеки, як наявність струмопровідної підлоги (залізобетонної), відносна вологість більше 75 % та ін. [12].

Електроустаткування живиться від трифазної електричної мережі змінного струму частотою 50 Гц з глухозаземленою нейтраллю 220/380 В.

За ГОСТ 12.1.038 – 84 допустиме значення струму, що протікає через тіло людини при нормальному режимі роботи електроустановки,  $I_l = 0,3 \text{ мА}$ , напруга дотику  $U_d = 2 \text{ В}$ . При аварійному режимі  $I_l = 6 \text{ мА}$ ,  $U_d = 36 \text{ В}$ .

Порівнюючи розрахункові значення  $I_l$  і  $U_d$  з нормативними, бачимо, що при порушенні вимог ПУЕ в цеху може відбуватись враження працівників електричним струмом, призводячи до різних видів електротравм.

Тому необхідно вживати заходи і засоби, щоб попередити травмування людей. Електробезпека в відповідності з ГОСТ 12.1.019 – 79 забезпечується організаційними і

технічними заходами. До організаційних відносяться інструктажі та навчання безпечним методам праці, перевірка знань з правил техніки безпеки та інструкцій, вірна організація праці, контроль над виконанням робіт відповідальної особи з ІТР [12].

Технічні заходи:

1. Електрична ізоляція, яка запобігає протіканню струмів через неї завдяки великому опору (не менше 0,5 МОм), подвійна ізоляція.
2. Розташування струмоведучих частин на недосяжній висоті(2700 мм) або в недоступному місці забезпечує безпеку без огорожень та блокувань.
3. Використання малих напруг, джерелом яких є знижувальні трансформатори.
4. Занулення, яке усуває небезпеку ураження людей струмом за рахунок автоматичного вимкнення пошкодженої установки від електромережі.
5. Блокування (електричне, електромеханічне та механічне), яке полягає у відключенні напруги.
6. Орієнтація в електроустановках, яка забезпечується маркуванням частин обладнання, попереджувальними сигналами і знаками, надписами і табличками, пофарбуванням і кольором неізованих струмоведучих частин, розпізнавальним забарвленням органів керування та ін. [12].

Обслуговування діючих електроустановок, проведення в них оперативних переключень, організація та виконання ремонтних, монтажних, налагоджувальних робіт і випробувань здійснюються спеціально підготовленим електротехнічним персоналом [12].



## 5 СТАРТАП ПРОЕКТ

Результати магістерської дисертації були покладені в основу стартап-проекту.

### 5.1 Опис ідеї стартап-проекту

Ідея полягає в підвищенні конкурентоздатності продукту шляхом зниження його собівартості та підвищення фізико-механічних показників паперу для гофрування завдяки реконструкції ПРМ ПрАТ РКТК. Останнє позитивно вплине на підвищення якості флютінгу.

Основною проблемою в процесі виробництва флютінгу є його собівартість та поступове зниження якості макулатурної сировини, так як на сьогоднішній час в Україні не працює жодний завод з виробництва целюлози. Саме тому виробники змушені купувати целюлозу за кордоном. Ситуація на ринку змушує виробника реалізовувати продукт практично по собівартості.

Для вирішення цих проблем пропонується реконструкція вузла розпуску в РПВ, що призведе до скорочення затрат на електроенергію та підвищення якості макулатурної маси. Також пропонується провести реконструкцію на самій папероробній машині, а саме – встановлення тряско сітки на формуючій частині та встановлення верхнього сукна на башмачному пресі. Ці заходи дозволять підвищити якість флютінгу під час його виробництва (формування) та знизити витрати пару в сушильній частині ПРМ.

При реконструкції вузла розпуску та встановлення системи «**SimplyOne**» буде зменшено використання електроенергії майже на 100кВт/год.. Це стане можливим завдяки зменшенню кількості обладнання у порівнянні з традиційним компонуванням вузла розпуску (гідророзбивач, вторинний гідророзбивач, барабан відходів та інш.). Разом з тим буде підвищено якість очистки макулатури під час розпуску.

Встановлення грудного вала Carbo-Form і сіткотряски Duo-Shake на формуючій частині ПРМ дозволить підвищити якість флютінгу. Таке поєднання дозволить

підвищити активність паперової суспензії після виходу з напірного ящика, що в свою чергу дозволить поліпшити формування паперового полотна та знизити анізотропію міцності на розрив. Все це призведе до підвищення механічних показників (СМТCD [N], ССТ [N], SCT [N], продавлювання [kPa], тощо). Підвищення фізико-механічних показників дозволить знизити вагу 1м<sup>2</sup> паперу, що сприятиме економії сировини.

Встановлення верхнього сукна башмачного пресу дозволить підняти сухість паперового полотна після виходу з пресової частини на 3%. Як відомо, підвищення сухості паперового полотна перед сушкою на 1% зменшує витрати пара приблизно на 5-7%. Тому встановлення верхнього сукна дозволить збільшити потужність сушильної частини майже на 20% та збільшити швидкість ПРМ, або зменшити витрати на енергію нагріву. Цей шлях дозволить зменшити витрати газу.

## **5.2 Аудит динаміки і основних тенденцій внутрішнього ринку**

У 2018 році в Україні було вироблено 966 тис. тон продукції в картонно-паперовій галузі, що на 4,7% більше, ніж роком раніше. При цьому виробництво паперу для гофрування та картону для плоских шарів гофрокартону склало майже 60% від загальної кількості. Це насамперед пов'язано зі зростом виробництва гофрокартону.

У 2018 р. найбільшими виробниками тарного картону та паперу для гофрування стали:

1. Рубіжанський КТК – 220 тис.тон;
2. Київський КПК – 141 тис. тон;
3. «Понінківська КПФ - Україна» + ТОВ "Понінківський КПФ" – 73 тис. тон;
4. ТОВ "Луцька КПФ- Україна"+ ТОВ "Луцька КПФ" – 46 тис. тон;
5. ВАТ "Жидачівський ЦПК" – 31 тис. тон

Слід зазначити, що на українському ринку виробників споживчої упаковки з картону працюють понад 50 вітчизняних виробників.

В 2019р. очікується зменшення виробництва у зв'язку з санкціями з боку РФ, які торкнулися паперової промисловості України.. Галузь змушена шукати інші ринки

збуту, які майже завжди приводять до зростання логістичної складової у собівартості продукції. Перенасиченість ринку в Європі та РФ змушує виробників знижувати ціну на продукцію, тому зменшення собівартості – головна прерогатива на сьогоднішній день.

### 5.3 Аналіз зовнішнього маркетингового середовища

Аналіз факторів мікромаркетингового середовища здійснюється у відповідності з параметрами, наведеними в таблицях 5.3 – 5.7

Таблиця 5.3 – Підсумкова таблиця факторів політико-правового середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Політико-правове середовище країни-партнера	Продаж товару за кордон	Відносини між країнами	Необхідність закупки компонентів для виготовлення товару з різних країн
Зовнішня політика країни	Продаж товару за кордон	Відносини між країнами	Необхідність реалізації товару в різних країнах
Зовнішня політика країни	Закупівля компонентів для виготовлення товару	Відносини між країнами	Необхідність закупки компонентів для виготовлення товару з різних країн

Таблиця 5.4 – Підсумкова таблиця факторів економічного середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Рівень розвитку виробництва		Обладнання, не дає можливості збільшення обсягу виробництва	Підписання контрактів на вироблення електродної продукції виробниками
Економічний потенціал країни		Низький потенціал, що не дозволяє виготовляти певні компоненти (пристрої, плати).	Закупівлю необхідних пристроїв проводити у країні партнері.
Конкуренти, які створюють дешевшу продукцію		Створення нової економічно вигідної продукції	Розроблення системи знижок для компаній-партнерів
Відсутність опалення через аварії на ТЕЦ		Неможливість працівникам працювати	Встановлення автономного опалення

Таблиця 5.5 – Підсумкова таблиця факторів науково-технічного середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Конкуренти, які створюють продукцію новітніми технологіями		Створення нової економічно вигідної продукції	Створення технічних лабораторій по розробці нових технологій Проведення семінарів і обмін досвідом з компаніями-партнерами. Залучення студентів та молодих фахівців

Таблиця 5.6 – Підсумкова таблиця факторів демографічного середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Вихід на пенсію працівників у поважному віці	Заощадження на зарплаті	Недосвідчені спеціалісти	Проведення постійних тренінгів для молодих фахівців. Заключити контракт з ВНЗ, який випускає спеціалістів по потрібному профілю та прийняття студентів на практику.

Таблиця 5.7 – Підсумкова таблиця факторів соціо-культурного середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Непорозуміння між працівниками, що представляють різні культурні класи		Зниження якості роботи	Робити презентації та тренінги щодо культурної спадщини різних народів, а також віросповідань.

Таблиця 5.8 – Підсумкова таблиця факторів природного середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Відсутність опалення через аварії на ТЕЦ		Неможливість працівникам працювати	Встановлення автономного опалення
Погана погода		Неможливість транспортування	Окремі пункти у договорі про можливі додаткові дні поставок у зв'язку з погодними умовами

## 5.4 Аналіз факторів мікроринкового середовища

Таблиця 5.9 – Підсумкова таблиця впливу конкурентів

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Ціна вища ніж у конкурентів		Люди не будуть купувати товар	1.Розробка систем знижок 2. Проведення демонстрацій і «чорної реклами», де буде показана вища якість
Використання нових технологій		Продукція конкурентів буде більш якісна	Постійний обмін досвідом з науковими-дослідними інститутами; Премії за нововведення

Таблиця 5.10 – Підсумкова таблиця впливу споживачів

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Ціна більша за середню		Люди будуть брати дешевшу продукцію	1.Розробка систем знижок 2. Проведення демонстрацій і «чорної реклами», де буде показана вища якість

Таблиця 5.11 – Підсумкова таблиця впливу постачальників

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Постачання не в термін		Замовлення будуть виготовлеви невчасно	Давати певний проміжок на час виготовлення
Постачання не якісної продукції		Якість систем керування не відповідатиме заданій	Встановлення штрафів постачальникам за брак продукції

Таблиця 5.12 – Підсумкова таблиця впливу контактних аудиторій

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Реклама у соціальних мережах	піар	Отримання конкурентами інформації про технології	Використання поверхневої реклами, прив'язка до телефонних змовлень; захист інформації.
ЗМІ	піар	Викидання негативної інформації в ЗМІ	Мати свій канал і знайомих журналістів. Можливо, відкрити своє інформантство паралельно

## 5.5 Аналіз конкуренції на ринку

Таблиця 5.13 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції : Чиста	Ніхто не може вплинути на ситуацію на ринку безпосередньо. Лише інновації та вигідні пропозиції	Система знижок, програми лояльності. Акції.
2. За рівнем конкурентної боротьби : національна (згодом і міжнародна)	Треба орієнтуватися спочатку на національний ринок. Після формування імені підприємства, можна переходити (і потрібно) на міжнародний ринок.	Підприємство повинно мати відповідну продуктивність, щоб забезпечити потребу ринку на рівні країни.
3. За галузевою ознакою : внутрішньогалузева.	Виробництво флютіну належить до целюлозно-паперової промисловості.	Використання нових технологій виробництва.
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно- родова; -товарно-видова	Конкуренція між різноманітними видами товарів, що можуть виконувати схожі функції. Конкуренція між товарами одного виду	Виробництво більш дешевого та якісного паперу для гофрування.
5. За характером конкурентних переваг: нецінова	Виробництво з використанням новітніх технологій.	Удосконалення технології виробництва.
6. За інтенсивністю: марочна	Після створення підприємства буде створена марка під якою будуть випускатися всі види продукції, які виготовлятимуться.	Підприємство всі свої товари об'єднуватиме новітнім процесом виробництва паперу.

Таблиця 5.14 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Новий підхід до виробництва паперу для гофрування	Спосіб виготовлення продукту відрізняється від традиційного використанням новітніх технологій, які дозволяють зменшити собівартість. Крім того, впровадженням модернізації обладнання – встановленням тряско-сітки на формуючій частині ПРМ.
2.	Доступна ціна	Використання методів для здешевлення тепло-енергоресурсів
3.	Наявність сировинних ресурсів та хімікатів	Зменшення використання сировини та енергоресурсів.
4.	Ступінь задоволення додаткових потреб споживача	Підвищується якість паперу для гофрування.

Таблиця 5.15 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін впровадження виробництва паперу і картону

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів- конкурентів						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Новий підхід до виробництва флютінгу	16					•		
2.	Доступна ціна	20							•
3.	Наявність сировинних ресурсів	14				•			
4.	Ступінь задоволення додаткових потреб споживача	20							•



## 5.6 Вибір цільових груп потенційних споживачів

Таблиця 5.16 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Фізичні особи (широка громадськість)	Готові до переходу на використання паперу для гофрування.	Потенційний попит є значним.	Значна інтенсивність конкурентів.	Ввійти в сегмент не просто, оскільки на ринку є конкуренція
2.	Виробники брендированих товарів та послуг	Готові, оскільки паперові матеріали із логотипом фірми користуються популярністю.	Попит значний через велику кількість фірм та підприємств, які бажають розмістити додаткову рекламу.	Значна інтенсивність конкурентів.	Ввійти в сегмент не легко, оскільки вже існують виробники паперу-основи.
Які цільові групи обрано: Фізичні особи, виробники брендированих товарів та послуг					

Таблиця 5.17 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія Охоплення ринку	Ключові конкуренто-спроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1.	Виробництво паперу-для гофрування.	Диференційований маркетинг	Нова економічна технологія виробництва флутінгу. Менша ціна на готову продукцію в порівнянні з конкурентами.	Диференціації

Таблиця 5.18 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1.	Ні	Буде переорієнтовувати споживачів тому, що ринок переповнений, але завдяки інноваціям там меншій собівартості є можливість вийти в лідери	Оскільки основна мета конкурентів і даного проекту – це забезпечити виробництво більш якісної сировини, тому, характеристики останнього будуть відповідати основним стандартним вимогам.	Постійно досконалювати технологію і обладнання для виробництва флютінгу для зниження собівартості продукту і росту його якості

Таблиця 5.19 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1.	Низька вартість, якість, швидке виконання замовлень.	Стратегія диференціації	Нова економічна технологія виробництва флютінгу. Менша ціна на готову продукцію в порівнянні з конкурентами.	1. Для виготовлення паперу-використовують інноваційні методи виробництва, що підвищують якість та зменшують собівартість.

## 5.7 Висновки до 5 розділу

На основі проведеного дослідження, можна зробити висновок, що впровадження стартап проекту: «Підвищення рівня і стабільності якості флютінгу шляхом вивчення властивостей, обладнання та технології його виробництва і впровадження новітніх досягнень в цій галузі», є перспективним, оскільки дозволяє зменшити собівартість готової продукції та покращити її якість.

## ВИСНОВКИ

1 Обґрунтовано будівництво цеху з виготовлення паперу для гофрування продуктивністю 75 тис. т/рік.

2. Описано запропоновані в магістерській дисертації інновації для підвищення якості готової продукції та параметрів технологічного процесу.

3. Наведено основні положення стандартів та технічних умов на сировину, хімікати та готову продукцію (паперу для гофрування).

4. Розраховано матеріальний баланс води та волокна. Для виробництва 1 т готової продукції необхідно 1019,18 кг макулатури. Витрата свіжої води становить 40,9 м<sup>3</sup> на 1 т. готової продукції. Вимої волокна на сітці становлять 6.8 %.

5. Проведено розрахунок та вибір основного та допоміжного технологічного обладнання.

6. Розраховано тепловий баланс контактного сушіння картонного полотна на картонноробній машині.

7. Наведено об'ємно-планувальне і конструктивне рішення будівлі цеху, загальні відомості про тип і характер виробничих будівель і споруд.

8. Проведено аналіз шкідливих і небезпечних факторів виробництва і захисту навколишнього середовища.

9. Наведено Стартап проект.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Офіційний сайт асоціації українських підприємств целюлозно-паперової галузі «УкрПапір» <http://www.ukrpaper.org>.
- 2 Фляте Д.М. Технология бумаги. Учебник для ВУЗов. – М: «Лесная промышленность», 1988, - 440 с.
- 3 Иванов С.Н. Технология бумаги. – М: «Школа бумаги», 2006, -690 с.
- 4 Шитов Ф.А. Технология бумаги и картона, - М. «Высш. школа», 1978. – 376с.
- 5 Примаков С.П., Барабаш В.А., Технология паперу і картону: навчальний посібник для вузів. – Київ: Екмо, 2002. – 396 с.
- 6 Легоцкий С.С., Гончаров В.Н. Размалывающее оборудование и подготовка бумажной массы. – М.: Лесн. Пром-сть, 1990. – 224с.
- 7 ДСТУ 7798-2015.Папір для гофрування. Технічні умови.
- 8 Нормативно-техническая документация и ГОСТы на сырье, и готовую продукцию.
- 9 Методичні вказівки до дипломного проектування для студентів спеціальності «Хімічна технологія переробки деревини та рослинної сировини». – К.: КФТП, 2001.-68 с.
- 10 С.Г. Жудро «Основы проектирования целлюлозно – бумажного предприятия» Издательство Москва «Лесная промышленность» 1965.- 303 с.
- 11 Бумагоделательное оборудование. Каталог. – ЗАО «Петрозаводск-маш».: Издательство «Скандинавия», 2002 г.
- 12 Справочник по охране труда и техника безопасности в химической промышленности. Правила и инструкции по работе с оборудованием и механизмами и по обращению с вредными веществами. М. Химия, 1971.- 454 с.
- 13 Справочник бумажника. Т-II. М.: Изд-во «Лесн. пром-ость», 1965. - 852 с.
- 14 Handbook of Paper and Board. H. Holik (Ed.), Copyright © 2006 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. – 524 p.

15 Технологія паперу та картону: Метод. вказівки до виконання розрахунків матеріального балансу води і волокна для студентів напряму підготовки 0513 – «Хімічна технологія» програми професійного спрямування 6.051301 «Хімічна технологія переробки деревини та рослинної сировини». Уклад.: Плосконос В.Г., Примаков С.П., Черьопкіна Р.І., Антоненко Л.П., Мовчанюк О.М. – К.: НТУУ "КПІ", 2011. – 54 с.

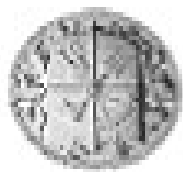
16 Офіційний сайт компанії «Фойт Пейпер» <http://voith.com>.

17 Зозулев, А.В. Промышленный маркетинг: стратегический аспект [Текст]: учеб. пос. / А.В. Зозулев. – Харьков: Студцентр, 2005. – 328 с.: ил.; табл. – Библиогр. 86 наим. (с. 321-325). – 800 экз. – ISBN 966-7530-38-8.

18 Офіційний сайт Рубіжанського картонно-тарного комбінату <http://www.rktk.com.ua>.

19 Офіційний сайт компанії PRPulping <https://pulppr.com>.

ДОДАТОК



**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

**Інститут технічної теплофізики НАН України Інститут  
Газу НАН України**

**Грузинський технічний університет**

**Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-  
практичної конференції студентів,  
аспірантів і молодих вчених**

**”РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ  
ТА ОБЛАДНАННЯ”**

25-26 листопада

Київ 2019

**УДК 676.056**

**ВИКОРИСТАННЯ ВІБРАЦІЇ СІТКОВОГО СТОЛУ ПРМ  
З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПАПЕРОВОГО ПОЛОТНА**

магістранти Пазерська В.Ю., Саєнко Р.В., Селіванова С.О.,  
доц.,к.т.н. Плосконос В.Г.

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Метою даної роботи є дослідження ролі тряски сіткового столу папероробної машини та вивчення особливостей її впливу на комплекс фізико-механічних показників паперового полотна в процесі його формування.

Як відомо [1], в потоці розбавленої волокнистої маси перед напірним ящиком папероробної машини волокна майже неорієнтовані і розміщуються в будь-якому напрямку. Разом з тим, в процесі проходження маси через напускну щілину напірного ящика завдяки прискореному руху виникає повздовжня орієнтація волокон у напрямку потоку маси. Цей процес підсилюється, якщо є різниця між швидкістю сітки папероробної машини і швидкістю осідання волокон.

В подальшому, в процесі проходження паперового полотна через пресову та сушильну частини машини орієнтація волокон, набута під час відливання на сітці, підсилюється під впливом пресових валів і розтяжки паперового полотна.

Орієнтація волокон є головною причиною виникнення неоднорідності властивостей паперу в повздовжньому та поперечному напрямках [2]. Так, наприклад, розривна довжина, опір зламу та здатність поглинати вологу паперовим полотном завжди вища в повздовжньому напрямку, а розтяжність і деформація – в поперечному. Але, в більшості випадків бажано мати папір з більш однорідними фізико-механічними властивостями в обох напрямках.

Тому велике значення має фактор регулювання розміщення волокон в паперовому полотні. В певних межах цього можливо досягти завдяки використанню тряски сітки папероробної машини [2].

Завдання тряски полягає у створенні коливальних рухів сітки папероробної машини, які здійснюються в площині сіткового столу в напрямку, перпендикулярному руху сітки, і передачі їх волокнистій суспензії. Друге, не менш важливе, значення тряски складається в запобіганні утворення пластівців і диспергування волокон в суспензії під час відливання паперового полотна. Для отримання однорідного за структурою паперу, що характеризується рівним, безхмарним просвітом, необхідно, щоб волокна в процесі осадження на сітці не збиралися в пластівці. Саме цьому сприяють коливальні рухи суспензії паперової маси, які передаються від сітки за рахунок в'язкопрутості.

Тряска сітки здійснюється відповідним механізмом, який поєднує тягу з реєстровими балками сіткового столу. Залежно від типу машини частоту трясіння можна регулювати в межах від 100 до 500 і більше коливань на хвилину; амплітуда коливань змінюється в межах від 0 до 15 мм.

За типом і характером коливання, що передаються сітці, вирізняють наступні системи трясок, а саме: з однією зоною тряски сіткового столу; з двома зонами тряски сіткового столу; тряска одного грудного вала; тряска грудного вала і одного реєстрового валика (тряска Мак-Донела) та інші, більш складніші комбіновані системи трясок.

Найбільш поширена, особливо на машинах старого типу, тряска з однією зоною, за якої коливальні рухи від механізму тряски передаються реєстровим балкам всього або частині реєстрового столу разом з грудним валом. Максимальна амплітуда коливань сітки, в цьому випадку, знаходиться в зоні грудного вала, а мінімальна – в зоні відсмоктувальних ящиків.

У разі використання тряски з двома зонами реєстрові балки сіткового столу розрізають на дві частини і кожна з них отримує самостійну тряску. В цьому випадку є можливість змінювати режим тряски сітки в більш широких межах. Можна надати сітці затухаючих коливань, як у випадку тряски з однією зоною, або паралельних коливань в першій частині і затухаючих - в другій частині столу і, нарешті, коливань з максимальною амплітудою в середині сіткового столу. Ця система тряски досконаліша і застосовується на сучасних машинах з виробництва паперу.

В системі Мак-Донела коливальні рухи, окрім грудного вала, отримує ще один з валиків у другій половині сіткового столу. Подібна система тряски застосовується на швидкохідних машинах і може забезпечити до 1000 коливань сітки в хвилину.

У практиці режим тряски сітки на машинах з виробництва паперу вибирають, користуючись таким правилом, а саме: за садкого помелу маси - швидка тряска, за жирного - повільна; за використання коротковолокнистої маси - мала амплітуда тряски, при довговолокнистої - велика.

В даний час застосовують, головним чином, ексцентрикові пристрої для тряски (рідше вібраційні). У випадку швидкохідних машин використовують швидкохідні механізми для тряски, що приводяться в рух стисненим повітрям або засновані на принципі використання електромагнітних явищ.

Таким чином, аналіз явища тряски сітки та різних пристроїв для цього дають можливість зрозуміти сутність процесів, що відбуваються та підібрати оптимальні режими тряски для виготовлення певного виду паперу із заданими фізико-механічними властивостями.

### **Використана література**

1. Шитов Ф. А. Технология бумаги и картона: Учебник для средних проф.-техн. училищ. - Высш. школа - 1998. - 376с.
2. Иванов С.Н. Технология бумаги. – М.: Лесн. пром-сть, 2006. – 696с.



---

УДК 676.056

## ВИСОКОЧАСТОТНА ТРЯСКА ЗБЕРЕЖЕ РЕСУРСИ

магістранти Саєнко Р.В., Пазерська В.Ю., Селіванова С.О., Рудзей Ф.П.,  
к.т.н., доц. Плосконос В.Г.

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

В процесі формування паперового полотна на сітці папероробної машини орієнтація волокон в потоці маси має визначальний вплив на однорідність властивостей паперу в поздовжньому і поперечному напрямках. Визначальну роль в цьому процесі може бути відведено можливості регулюванню цілеспрямованого розташування волокон в паперовому полотні, яке формується після виливання маси на сітку папероробної машини [1]. У певних межах цього можливо досягти завдяки трясці сітки папероробної машини.

Так, наприклад, поєднання легкого грудного вала CarboForm і сіткотряски DuoShake (рис. 1) вже неодноразово доводило свою ефективність. І завжди з очевидним успіхом: така комбінація дозволяє скоротити споживання ресурсів і заощадити технологічні матеріали [2]. Крім того, якість паперу помітно поліпшується.

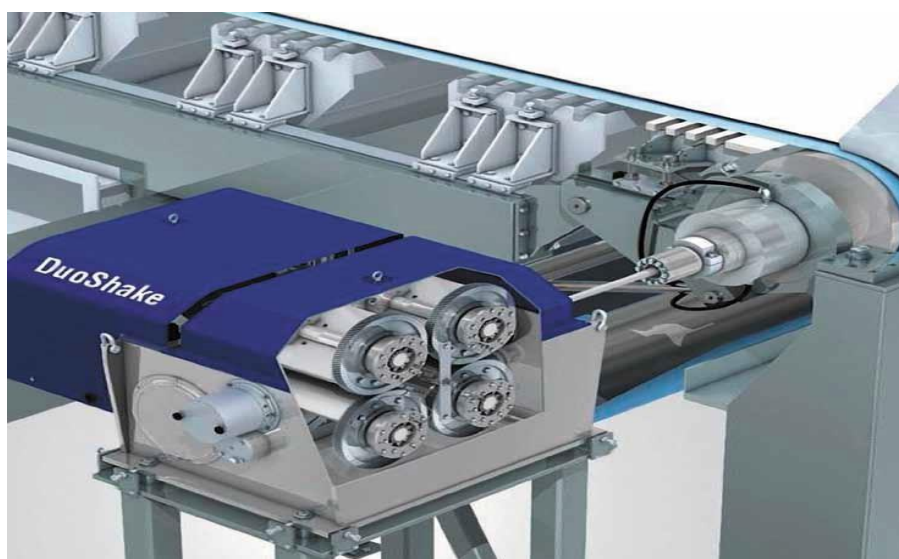


Рисунок 1 – Схема сіткотряски DuoShake

Принцип дії сіткотряски DuoShake дозволяє генерувати частоти, яких не можуть досягти традиційні сіткотряски. Тим самим досягається рівномірний

розподіл волокон навіть на самих високошвидкісних машинах. Крім того, поліпшується формування полотна, і знижується анізотропія міцності на розрив, що особливо важливо для хорошої геометричної стабільності паперу. Інші переваги стають очевидними в процесі переробки паперу, його крейдування, просочення та друку.

Три різних типи сіткотрясок DuoShake дозволяють підібрати ідеальний компонент для кожної папероробної машини: від невеликих машин з низькою швидкістю до 9-метрових машин зі швидкістю 1200 м/хв.

Легка конструкція валу CarboForm з композитного матеріалу на основі вуглецевих волокон була спеціально розроблена для високочастотної тряски. При цьому вирішальну роль відіграє висока геометрична точність форми вала. Вал CarboForm, за ваги близько 40% від ваги аналогічного сталевого вала, дозволяє досягати більш високих показників в процесі тряски і, тим самим, забезпечує більш високі фізико-механічні показники в процесі формування паперового полотна.

Поряд з поліпшенням якісних показників паперу, таких як формування, анізотропія міцності на розрив, міцність на розтягнення, показник поглинання енергії розриву і поперечне розширення, існує можливість економії волокна і допоміжних технологічних матеріалів. Наприклад, комбінація сіткотряски DuoShake і грудного вала CarboForm дозволяє скоротити норми споживання волокна, зменшити ступінь млива та витрата крохмалю без шкоди для якісних показників. Крім того, існує можливість збільшення швидкості папероробної машини. Особливо якісні результати досягаються у виробництві таких видів картону, наприклад, як картон для плоских шарів гофрокартону, а також паперу для гофрування. В цілому, зниження норм витрат волокна і допоміжних технологічних матеріалів прискорює окупність інвестицій та економить ресурси.

### **Перелік посилань:**

1. Иванов С.Н. Технология бумаги. – М.: Лесн. пром-сть, 2006. – 696с.
2. Офіційний сайт компанії «ФойтПейпер» <http://voith.com>.